



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO
Tuotantotekniikka

MIKKO UUSITALO
LEAN SIX SIGMA KONSEPTI
Diplomityö

Tarkastaja Paul H. Andersson
Tarkastaja ja aihe hyväksytty
Automaatio-, kone- ja materiaali-
tekniikan tiedekuntaneuvoston ko-
kouksessa 4. huhtikuuta 2012

TIIVISTELMÄ

TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

Konetekniikan koulutusohjelma

MIKKO UUSITALO: Lean six sigma konsepti

Diplomityö, 66 sivua

Marraskuu 2012

Pääaine: Tuotantotekniikka

Tarkastaja: Paul H. Andersson

Avainsanat: Lean, Six Sigma, Lean Six Sigma

Vuosien saatossa on kehitetty useita työkaluja ja filosofioita laadun parantamiseen ja yleisemminkin prosessin parantamiseen. Käytetyimpien filosofioiden joukkoon on jo pitkään kuulunut Lean ja Six Sixma. Näiden pohjalta on kehitetty Lean Six Sigma. Siinä pyritään yhdistämään molempien hyvät ominaisuudet niin, että kummankin heikkoudet korvataan toisen työkaluilla.

Lean on Toyotalla tunnetuksi tehty tuotannon kehittämismenetelmä. Lean on filosofia, jolla pyritään organisoimaan yrityksen kaikki toiminnot. Leanin tavoite on poistaa prosessista kaikki turha, hukka. Hukkaa esiintyy kaikessa toiminnassa, niin tehtaan lattialla kuin toimistossa. Leanin mukaan hukkia on seitsemän erilaista. Näiden lisäksi esitetään useasti Toyotan kahdeksas hukka. Tavoite on keskittyä vain siihen, mikä tuottaa asiakkaalle lisäarvoa. Kaikki arvoa tuottamaton työ on hukkaa, ja siitä tulee päästä eroon.

Toinen hyvin tunnettu laatujohtamisen työkalu on Six Sigma. Six Sigma on kattava ja joustava tilastollinen menetelmä, jolla pyritään pienentämään vaihtelua. Tavoite on kuusi sigmaa, joka tarkoittaa 3,4 vikamahdollisuutta miljoonaa mahdollisuutta kohti.

Lean Six Sigma yhdistää nämä kaksi ajatusmallia. Prosessista poistetaan hajontaa samalla kun siitä poistetaan hukkaa. Six Sigmassa keskitytään vaihtelun minimoimiseen ja Lean keskittyy hukan poistamiseen. Terminä Six Sigma kuvaa erittäin suorituskykyisen prosessin kykyä tuottaa huippulaatua. Kun hajonta on pieni, on prosessi paremmin hallittavissa.

Työn tavoitteena oli selvittää Lean Six Sigman olemus. Työ tehtiin kirjallisuustutkimuksena.

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ	I
SISÄLLYSLUETTELO	II
JOHDANTO	1
1. LEAN	2
1.1.1 Toyota	4
1.2 JOHTAMISJÄRJESTELMÄ	5
1.2.1 Henkilöstö	5
1.2.2 Tehokas toimitusketju	7
1.3 ARVOKETJUAJATTELU	7
1.4 JATKUVA PARANTAMINEN	8
1.4.1 PDCA- ympyrä	9
1.4.2 A3-menetelmä	10
1.4.3 Kaizen	12
1.5 JUST-IN-TIME	14
1.6 HUKAT	15
1.6.1 Ylituotanto	15
1.6.2 Yliprosessointi	16
1.6.3 Kuljetukset	16
1.6.4 Liike	17
1.6.5 Odottelu	18
1.6.6 Varasto	18
1.6.7 Viallinen tuote	19
1.6.8 Henkilöstön luovuuden käyttämättömyys (Toyotan kahdeksas hukka)	19
1.7 TYÖKALUT	20
1.7.1 5S	20
1.7.2 Kanban ja imuohjaus	22
1.7.3 Kokonaisvaltainen tuottava kunnossapito	23
1.7.4 Visuaalinen ohjaus	24
1.7.5 Poka-Yoke	24
1.7.6 Nopea asetuksenvaihto	24
1.7.7 Pienet eräkoot	25
1.8 CASE	25
2. SIX SIGMA	27

2.1	DMAIC	28
2.1.1	Define (Määrittelyvaihe)	29
2.1.2	Measurement (Mittaus)	30
2.1.3	Analysis (Analysointi)	31
2.1.4	Improvement (Parannus ja optimointi)	31
2.1.5	Control (Ohjaus ja valvonta)	31
2.2	TYÖKALUT	31
2.2.1	Asiakkaan ääni	32
2.2.2	Saanto	33
2.2.3	Syy-seurauskaaviot	34
2.2.4	Tilastolliset menetelmät	35
2.2.5	Mittausjärjestelmän analysointi	37
2.2.6	Graafiset analyysit	38
2.2.7	Multi-Vari kortit	40
2.2.8	Korrelaatio ja regressio	41
2.2.9	Koesuunnittelu	41
2.2.10	Vika- ja vaikutusanalyysi	42
2.2.11	Ohjauskortit (SPC)	43
2.3	SIX SIGMA ROOLIT	44
2.3.1	Black Belt	44
2.3.2	Master Black Belt	45
2.3.3	Green Belt	45
2.3.4	Six Sigma –johtoryhmä (Six sigma Steering Committee)	45
2.3.5	Sponsori (Sponsor tai Champion)	46
2.3.6	Käyttöönottojohtaja (Implementation Leader)	47
2.3.7	Valmentaja (Coach)	47
2.3.8	Ryhmänjohtaja (Team Leader)	48
2.3.9	Ryhmänjäsen (Team Member)	49
2.3.10	Prosessinomistaja (Process Owner)	49
2.4	KÄYTTÖÖNOTTO, ORGANISOINTI JA TOTEUTUS	49
2.5	CASE	50
3.	LEAN SIX SIGMA	52
3.1.1	Leanin ja Six Sigman eroja	54
3.1.2	Miksi Lean tarvitsee Six Sigmaa	55
3.1.3	Miksi Six Sigma tarvitsee Leania	56
3.1.4	Lean Six Sigma roolit	57
3.2	LEAN SIX SIGMA TYÖKALUT	57

3.3	CASE	58
4.	YHTEENVETO	61
	LÄHDELUETTELO	65

JOHDANTO

Tämän päivän teollisuudessa kilpailu kiristyy kaiken aikaa. Yrityksen tulee pärjätäkseen parantaa jatkuvasti tuotteitaan ja toimintaansa. Useissa yrityksissä on käytössä jonkinlainen laadun parantamismenetelmä. Niiden systemaattista käyttöä kutsutaan laatujohtamiseksi.

Laatujohtamisen työkaluja on kehitetty jo vuosikymmeniä. Käytössä on paljon erilaisia malleja. Näitä on vaikea laittaa varsinaiseen paremmuusjärjestykseen, koska eri mallit pyrkivät parantamaan prosessia omasta näkökulmastaan. Laatujohtaminen on ajatusmalli, jonka mukaan laatua johdetaan hallitusti. Käytetyimpien ajatusmallien joukkoon kuuluu Lean ja Six Sigma. Näiden pohjalta on kehitetty Lean Six Sigma, joka pyrkii käyttämään molempien parhaat ominaisuudet.

Leanissa toiminnasta poistetaan hukka, kaikki tarpeeton. Prosessista erotetaan arvoa tuottava ja tuottamaton toiminta. Arvoa tuottamaton työ on turhaa joka tulee poistaa. Six Sixmassa taas prosessi tulee saada ensin hallintaan ja sen jälkeen pyritään vähentämään prosessin vaihtelua. Molemmat ajatusmallit ovat olleet käytössä kauan ja ne on todettu hyvin toimiviksi ja tehokkaiksi. Lean Six Sigma yhdistää nämä kaksi ajatusmallia. Prosessista poistetaan kaikki turha ja pienennetään hallitusta prosessista vaihtelua. Näin saadaan käytettyä molempien mallien hyvät ominaisuudet ja korvattua huonoja puolia.

1. LEAN

Lean- ajattelun alkuperänä pidetään yleisesti Toyotan tuotantojärjestelmää, TPS (Toyota Production System). TPS tuotantofilosofiaa on kehitetty toisesta maailmansodasta lähtien, jolloin lähtökohtana oli autoteollisuuden kova kilpailu ja toisaalta tuotantoresurssien niukkuus. Organisaation asiantuntijat kehittivät tuolloin toimintatapaa, jossa yrityksen virheistä on mahdollista oppia tuottamaan yhä kannattavampia ja parempia tuotteita vähentämällä prosessin mukana olevaa hukkaa ja ylimääräisiä resursseja. Toyotan menestyksen katsotaan johtuvan siitä, että ydinprosessien johtaminen on erinomaista, oikea-aikaista (Just-in-time), JIT ja toimenpiteet tehdään oikeassa järjestyksessä (Jidoka) [Womack et al. 1990].

Lean on filosofia, joka käsittää yrityksen toimintojen organisoinnin. Leanin periaatteiden mukaisesti luodaan tehokkaita prosesseja mahdollisimman vähin resurssein ottamalla huomioon yrityksen koko toiminta. Ideana on keskittyä vain asiakkaalle lisäarvoa tuottavaan toimintaan. Kaikki, mikä ei tuota lisäarvoa on hukkaa. Toisaalta Lean on nippu työkaluja, joiden avulla filosofiaa viedään käytäntöön.

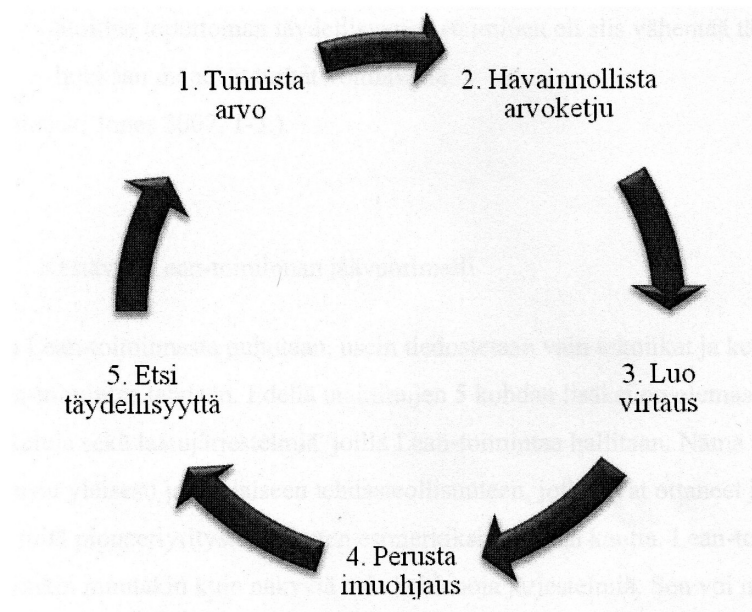
Just-in-time-ajattelu sisältää työkalut ja menetelmät oikeamääräiseen ja –aikaiseen tuotantoon. Jidoka puolestaan huolehtii tuotannon laadusta. Jos esimerkiksi tuotannossa havaitaan virhe, tuotanto keskeytetään ja virhe korjataan, ettei virhe pääse toistumaan tuotannon jatkuessa. Toyotan mallin katsotaan olevan Leanin operationaalista soveltamista, jossa jätetään osittain ottamatta huomioon Leania tukeva johtamisjärjestelmä. Lean management puolestaan keskittyy enemmän Lean-toiminnan valvomiseen, mitaamiseen ja ylläpitoon. Operationaaliset työkalut pohjautuvat paljolti Toyotan TPS-järjestelmään, mutta nykyajan Lean-soveltamisen on myös katsottu juontuvan viidestä perusperiaatteesta [Womack et al. 1990].

Lean muodostuu järjestelmällisyydestä, päivittäisistä rutiineista ja työkaluista, joita tarvitaan tehokkaan prosessin vakiinnuttamiseksi ja ylläpitämiseksi. Ajatuksessa toiminta järjestetään niin, että keskitytään vain ydinprosessiin ja kaikki lisäarvoa tuottamaton työ on eliminoitu prosessista. Täydellisyyden tavoittelulla ajetaan organisaatio kohti parempaa suoritusta ja virheetöntä toimintaa.

Lean voidaan suomentaa sanoilla kevyt, hoikka, niukka, nuuka. Tämä tarkoittaa, että toimintatavassa käytetään vähemmän kaikkea verrattuna aikaisempaan tuotantoon. Leanissa yhdistetään räätälöinnin ja joukkotuotannon edut, samalla pyritään eroon räätä-

löinnin korkeista kustannuksista ja joukkotuotannon kankeudesta. Joustava ja niukoilla resursseilla tehtävä työ edellyttää henkilöstöltä monitaitoisuutta kaikilla organisaation eri tasoilla. Leanissa on tärkeää myös tiivis yhteistyö toimitusketjun ja sidosryhmien kanssa sekä heidän haastamisensa kehittämään omaa toimintaa [Hannus 1993].

Kuvassa 1 on esitetty viisi Lean-ajattelun peruseriaatetta



Kuva 1. Lean-periaatteet

Peruseriaatteiden ymmärtämiseksi organisaation tulisi määritellä seuraavia asioita, jotta Lean-ajattelu lähtisi toimimaan oikein [Womack et al. 2007]:

1. Asiakkaat määrittävät arvon, jonka haluavat yrityksen tuottavan niille itselleen. Organisaation ei siis tule suunnata kaikkia voimavarojaan pelkästään sen hetkisen asiakastietoisuuden pohjalta. Organisaation asiakas voi olla sisäinen tai ulkoinen. Tärkein on keskittyä siihen, mitä asiakas todella tarvitsee.
2. Organisaation tulee yksilöidä jokaiselle tuottamalle tuotteelle arvoketju (value stream). Toisin sanoen yrityksen tulee määritellä tarkkaan se prosessi, jolla tuote valmistetaan raaka-aineesta lopputuotteeksi asiakkaalle ja tutkia tarkoin ne prosessivaiheet, jotka tuottavat lisäarvoa ja mahdollisesti karsia niitä, jotka eivät sitä tuota.

3. Yrityksen tulee linjata jäljellä olevat vaiheet jatkuvan imuohjauksen tieltä. Käytännössä yrityksen tulee leikata tuotannon varastoja ja vasteaikoja. Näin saadaan lyhennettyä läpäisyaikaa.
4. Asiakkaat antavat lisäarvon yritykselle. Yrityksen pitää pystyä vakuuttamaan asiakkaat siitä, että nämä haluavat juuri sen tuotteen, jonka yritys on suunnitellut tai tuottanut. Työntöohjaus muutetaan imuohjaukseksi. Asiakkaalle ei uskotella, että he tarvitsevat yrityksellä valmiina olevia ja helposti valmistettavia tuotteita. Tehdään, mitä he todella haluavat.
5. Kun arvot, jatkuva imuohjaus sekä arvoketjut ovat luotuja, yrityksen tulee aloittaa loputtoman täydellisen etsiminen, eli siis vähentää täydellisesti hukkaan menevät turhat voimavarat. Heti, kun ilmenee tuotannossa hukatekijöitä, ne pitää poistaa. Oman toiminnan verrataan jatkuvasti kilpailijoihin, sekä otetaan opiksi kilpailijoiden menestystarinoista. Kilpailijoiden parhaat ideat sovelletaan omaan tuotantoon, suora kopiointi harvoin soveltuu sellaisenaan.

1.1.1 Toyota

Toisen maailmansodan jälkeen Japanissa aloitettiin Toyota Production Systemin kehittäminen. Syyt kehittämiselle olivat resurssien niukkuus ja tiukka kilpailu japanilaisilla automarkkinoilla. Toyota Motor Companyn asiantuntijat harjoittivat periaatteitaan käytännössä useiden vuosien ajan. He oppivat yrityksen ja erehdyksen kautta järkevän tavan valmistaa tuotteita eliminoimalla tarpeettomat elementit tavoitteena vähentää kustannuksia [Hannus 1993].

1970-luvulla muulle maailmalle paljastettiin Toyota Production Systemin ajatukset. Aluksi käsikirjat tulivat japaniksi julkisuuteen ja vuosikymmen myöhemmin ne ilmensivät englanniksi.

Toyota Production Systemsissä kustannusten minimointi on tärkeä päämäärä. Mondenin (1983) mukaan on otettava huomioon kolme muuta tavoitetta, jotka ovat seuraavat [Liker 2008, Monden 1983]:

1. Tuotettavien määrien hallinta, jolloin voidaan vastata päivittäisen ja kuukausittaisen kysynnän vaihteluun.
 2. Laadun varmistus, jotta jokainen prosessi tuottaa vain laadukkaita tuotteita seuraaviin vaiheisiin.
-

3. Ihmisyyden kunnioittaminen, jota täytyy vaalia samalla kun yritys hyödyntää henkilöstöä saavuttaakseen kustannusten pienenemisen.

Nämä kaikki tavoitteet vaikuttavat kustannusten minimointiin, ja jotta päämäärään päästään, jokaisen tavoitteen on toteuduttava. Toyotan vahvuutena pidetään sitä, että se ymmärtää, ettei päämäärään päästä ilman välitavoitteita ja toisinpäin [Monden 1983].

Liker (2008) ja Monden (1983) esittävät TPS:n kahdeksi tärkeäksi peruspilariksi Just In Time, JIT (juuri oikeaan tarpeeseen, JOT) ja jidokan. Just In Time käsittää joukon periaatteita, työkaluja ja menetelmiä, joiden avulla tuotetaan oikeita tuotteita, oikeita määriä ja juuri oikeaan aikaan. Jidokalla tarkoitetaan tuotteen sisäistä laatua. Virhe korjataan ja ongelmista opitaan tulevaisuutta varten. Jidoka tukee JIT-ajattelua, sillä sen periaate on, ettei virhe pääse ikinä etenemään seuraaviin vaiheisiin häiritsemään niiden toimintaa.

1.2 JOHTAMISJÄRJESTELMÄ

Lean on prosessijohtamisen filosofia, jossa yritystä ja toimitusketjua tarkastellaan kokonaisuutena. Ensin johdon ja esimiesten tulee ymmärtää, mitä ollaan tekemässä. Seuraavaksi pitää miettiä, miten omassa organisaatiossa asiat tehdään. Perinteisesti johdetuissa yrityksissä jatkuva parantaminen ja johtaminen nähdään erillisinä asioina. Esimerkiksi Toyotalla nämä ovat yksi ja sama asia. Monesti parantaminen nähdään irrallisena projektina sen sijaan, että se nähtäisiin osana prosessia. Tuotannosta puuttuu usein johtamisjärjestelmä, jolla Leania ylläpidetään. Usein ongelmana on, että parantamiskampanjoja tehdään sieltä täältä mieluummin kuin että keskityttäisiin kokonaisvaltaisesti ja pitkäjänteisesti koko prosessiin. Lean johtamisjärjestelmä koostuu yhdessä sovituista, hyvistä tavoista, päivittäisistä käytännöistä ja työkaluista. Leanissa ei sinänsä ole mitään erityistä uutta, vaan kysymys on pikemmin miten toiminnan parantamisen opit saadaan kunnolla käyttöön. Johtamisperiaatteet Leanissa ovat kuten useimmat Leanin työkaluista: helppoja käsittää, mutta vaikeita toteuttaa johdonmukaisesti [Karjalainen et al. 2000].

1.2.1 Henkilöstö

Kaikki yritykset voivat ostaa koneita ja laitteita. Yleensä kuitenkin ne yritykset menestyvät, jotka pystyvät toimimaan joustavasti tilanteen mukaan ja käyttämään koko henkilöstön osaamista. Kun kehitetään toimintaa tai ratkaistaan ongelmia, henkilöstön käy-

tännön asiantuntemus on syytä käyttää hyväksi, koska sillä on ensikädessä lähin tuntu-
ma työpisteen toiminnasta. Kehitysprojekteissa on hyvä olla mukana useampia eri hen-
kilöitä eri organisaation tasoilta, jotta saadaan tarpeeksi laaja näkemys tutkittavaan asi-
aan. Toisaalta on hyvä muistaa, että uusi idea syntyy aina yhdessä päässä, eikä ryhmäs-
sä. Kansainvälisesti mitattuna suomalaiset ovat aloiteaktiivisuudessa varsin vaatimatto-
malla tasolla. Tehostamisen varaa siis löytyy paljon [Womack et al. 1990].

Leanissa on henkilöstön huomioon ottaminen suuressa osassa. Työntekijöiden täytyy
olla osaavia ja hyvin motivoituneita, jotta Lean-järjestelmä saadaan yleensäkin toimi-
maan. Organisaation saamista lähemmäs Lean- mallia pitää muiden osa-alueiden rinnal-
la kehittää tiimityötä, jatkuvaa parantamista ja oppimista. Tämä osa-alue pitää sisällään
yhteisen kielen, symbolit, uskot ja arvot, jotka määrittelevät millaisiksi organisaatio on
rakentunut, miten sitä johdetaan, miten se oppii ja kuinka se rekrytoi, kouluttaa ja kehit-
tää työntekijöitään. Henkilöstön kaikkien jäsenten mukaan saaminen kehittämiseen ja
kehitykseen on organisaatiolle tärkeää [Womack et al. 1990].

Leanissa on helppo muuttaa henkilöstön työtapoja, mutta ajattelumalli ei välttämättä
muutu. Yrityskulttuurin ja ajattelutavan muuttaminen on huomattavasti työläämpi pro-
sessi ja sen tulee tapahtua yrityksen jokaisella tasolla. Muutosvastarinta tulee yleensä
vastaan heti projektin alussa. Leanin päämääränä on kannustaa työntekijöitä tiimityöhön
sekä sitouttaa työntekijät organisaation tavoitteisiin [Womack et al. 1990].

Ongelmien ennakoiminen, havaitseminen ja nopea korjaaminen ovat keskeisiä tekijöitä
toiminnan kehittämisessä. Virheitä havaittaessa on alettu kiinnittää enemmän huomiota
virheeseen johtaneisiin syihin kuin syyllisen henkilön metsästämiseen. Pyritään myös
varmistamaan ettei virhe pääse toistumaan. Muuttamalla toimintaa passiivisesta aktiivi-
seksi autetaan virheiden löytymistä jo ennakolta. Näin virheiden kokonaismäärä vähe-
nee huomattavasti ja päästään lähemmäs tavoitetta eli virheitä ei synny lainkaan [Kajas-
te et al. 1994].

Henkilöstön rooli onkin toimintaa kehitettäessä aivan avainasemassa. Lean-toiminnassa
virheitä huomatessa ei etsitä syyllistä, vaan tutkitaan että miksi virheitä tulee ja ehkäis-
tään niiden uudelleen syntyminen. Laadun parantamiseksi on henkilöstön sitouttaminen
tärkeää. Työntekijöitä kannustetaan miettimään ja toimimaan työnteon tehostamiseksi ja
virheiden minimoimiseksi, jolloin esimiesten rooli on tukea näitä ideoita ja mahdollistaa
niiden toteuttaminen [Womack et al. 1990].

1.2.2 Tehokas toimitusketju

Yrityksen sisäisissä toiminnoissa Leanissa pyritään vähentämään hukkaa. Sama ajatus toimii myös toimitusketjussa. Hukkaa pyritään vähentämään koko alihankintaketjun läpi. Imuohjaus toimii vastaavasti kuin yrityksen sisälläkin. Koko ketjun hukkaa mietittäessä on otettava joka yrityksestä ihmiset mukaan toimintaan. Pitkässä toimitusketjussa syntyy todennäköisesti ylisuuret varastot ja tavaraa kuljetetaan turhaan. Kun asiaa tarkastellaan koko ketjuna, voidaan löytää keinoja vähentää hukkaa ja saada parannusta kaikkia osapuolia tyydyttävällä tavalla. Yksittäisen toimijan parannus ei riitä jos muut kärsivät siitä [Husby 2009].

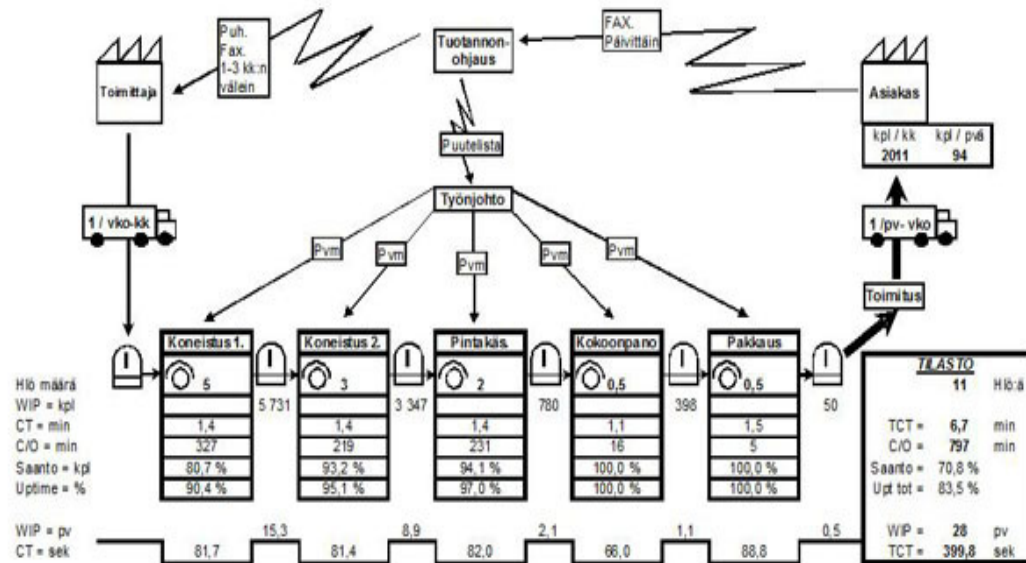
Leanin toimitusketjuajattelussa integroidaan kaikki osapuolet, toimittaja, valmistaja ja asiakas yhdeksi arvovirraksi niin että saadaan asiakkaalle tuotettua lisäarvoa. Lean tarjoaa monipuoliset työkalut toimitusketjun parantamiseen. Leanin viittä perusperiaatetta käytetään koko ketjussa samalla lailla kuin yksittäisen yrityksen sisällä [Husby 2009].

1.3 ARVOKETJUAJATTELU

Porter (1985) on luonut arvoketjukäsitteen. Arvoketjulla tarkoitetaan yrityksen sisäisiä prosesseja, joita tarvitaan tuotteen markkinoimiseksi, suunnittelemiseksi, valmistamiseksi ja toimittamiseksi. Arvoketju-konsepti antaa johtajille työkalun arvioida nykyisiä sekä uusia strategisia mahdollisuuksia luotaessa arvoa asiakkaille ja yhteistyökumppaneille. Arvoketjuajattelulla yhdistetään kaksi eri kulttuuria, johtaminen ja operatiivinen. Johtamiskulttuuri käsittää strategiaa ja liiketoiminnan kehittämistä. Operatiivinen kulttuuri taas käsittää enemmän toimintaa, kuten hankinnat, tuotannon ja logistiikan. Yritykset voivat saavuttaa merkittävää hyötyä poistamalla kuilun näiden kulttuurien välistä, joka valitettavan usein on olemassa. Arvoketjun hallinnalla tarkoitetaan informaatiota, joka liittyy materiaalivirtojen hallintaan toimittajalta perille loppukäyttäjälle. Asiakastytyväisyyttä saadaan parannettua, kun hallitaan koko arvoketju, koska näin pystytään hallitsemaan varastot ja nopeuttamaan prosessia. Saamalla arvoketjussa kaikki mukana olevat tahot kunnolla mukaan huomataan, ettei kukaan ajattele pelkästään itseään, vaan huomioi myös muut ketjussa mukana olijat [Moisio 2010].

Arvoketjuajattelun (Value Stream Mapping) tarkoitus on prosessin osasten tarkkailun sijaan pyrkiä keskittymään koko palvelu- tai tuotantoprosessin tarkkailemiseen ja arviointiin, jotta saataisiin eroteltua tuotollinen, arvoa luova osa, sekä tuottamaton osa eli

hukka (muda). Arvoketjun avulla voidaan myös havaita sekä materiaalin että informaation kulku.



Kuva 2 Arvovirtaketju [Selin 2012]

Arvovirtaketjussa näkyy kuvan 2 lailla liikkuva tieto ja liikkuvat tuotteet tai raaka-aineet omanlaisilla viivoillaan. Joka työvaihe on merkitty omina laatikkoinaan. Mahdolliset arvoa tuottamattomat työvaiheet löytyvät helpommin, kun koko prosessi on selkeästi piirretty näkyviin. Kuvan alareunassa näkyy myös aikajana, jossa näkyy odotusaika ylempänä ja arvoa tuottava työaika alempana [George et al. 2005].

Koko prosessin konkretisoituminen auttaa keskustelemaan selkokielellä prosessin tärkeistä ohjauskohdista ja kriittisistä menestystekijöistä. Arvoketjun analysointi on yksinkertaisuudessaan prosessin seuraamista asiakkaalta aina tuottajalle asti. [Moisio 2010]

1.4 JATKUVA PARANTAMINEN

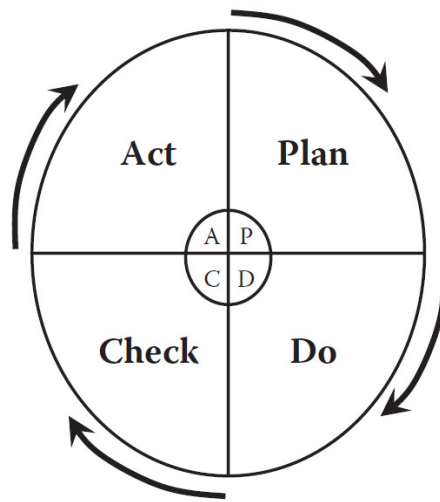
Modernissa alati muuttuvassa maailmassa tehostaminen ja parantaminen on hyvin tärkeitä keinoja pysyä kilpailussa mukana. Lean-ajattelussa jatkuva parantaminen pyrkii vastaamaan tähän haasteeseen. Jatkuvan parantamisen ymmärtäminen ja käyttö on erittäin tärkeää Lean-ajattelun ylläpidossa. Aiemmin prosessien kehityskohteiden havaitseminen ja kehittäminen on ollut pitkäkestoista ja ne ovat kuluttaneet paljon resursseja. Kyseiset projektit ovat kuitenkin tuottaneet hyviä tuloksia prosessien kehittämisen ja

parantamisen kannalta. Pitkäkestoiset projektit ovat kilpailun ja ajanpuutteen vuoksi jääneet toteuttamatta tai niitä ei ole työstetty suunnitelmista huolimatta. Kilpailukyvyn säilyttämiseksi Lean-toiminnan jatkuvan parantamisen tulisi olla järjestelmällistä, jatkuvaa sekä säännöllistä ja organisaation työntekijöiden tulisi myös osallistua jatkuvan parantamisen kehittämiseen aktiivisesti [Kajaste et al. 1994].

Kehitysprojektit ovat usein työläitä ja vaativat paljon resursseja, mutta niillä saadaan tavallisesti aikaan huomattavia parannuksia. Aiemmin perinteisesti toteutettujen pitkäkestoisten projektien jälkeen suurella työllä saavutetut tulokset ovat pyrkineet kuitenkin aikojen saatossa jäämään taka-alalle. Siksi kilpailukyvyn säilyttämiseksi toimintaa on pystyttävä parantamaan jatkuvasti. Jatkuva parantaminen vaatii henkilöstöltä jatkuvia toimenpiteitä ja parantamisen on oltava järjestelmällistä ja säännöllistä. Tuloksia voidaan saavuttaa useimmiten välittömästi. Periaatteen juurruttaminen vaatii kuitenkin suuria ponnisteluja asenteiden muuttamiseksi ja näin ollen muutoksen läpivieminen vie aikaa [Kajaste et al. 1994].

1.4.1 PDCA- ympyrä

PDCA-malli on 1930-luvulla Walter Shewhartin kehittämä, 1950-luvulla W. Edvard Demingin tunnetuksi tekemä malli, jonka on katsottu kuvaavan jatkuvan parantamisen prosessia. Mallia kutsutaan kehittäjänsä mukaan myös Demingin ympyräksi. Iteroivan käytön johdosta ympyrämalli kuvaa hyvin mallin käyttöä. Lyhenne tulee sanoista suunnittele (Plan), toteuta (Do), tarkista (Check) ja toimi (Act)[Arveson]. Demingin ympyrä on esitetty kuvassa 3. Toiminta tulee ymmärtää kuvassa esitetyn kaltaisesti, eli jatkuvana, iteroivana toimintana.

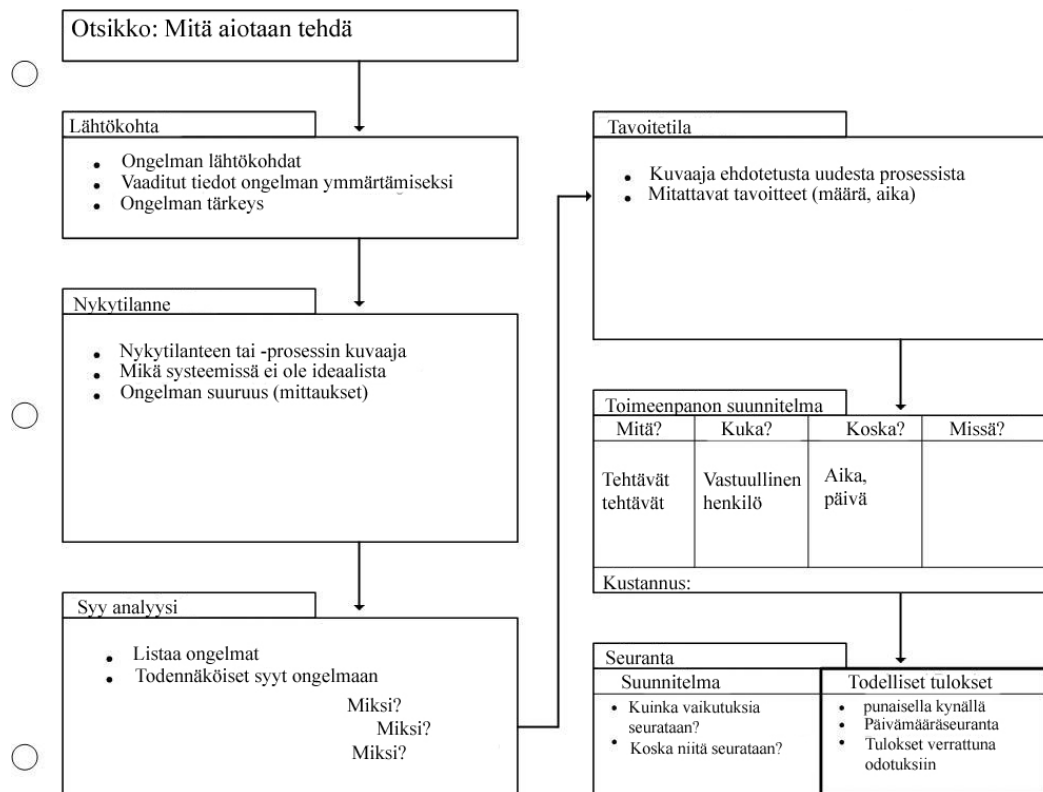


Kuva 3. PDCA-ympyrä

Demingin mukaan organisaatioiden tulisi omaksua PDCA-malli systemaattisen ongelmanratkaisun työkaluksi. Tämä edellyttää sitä, että edellisessä kohdassa ratkaistaan aina se osa mitä seuraava askel vaatii. Kun toimia suunnitellaan, ne tulee valmistella siten, että niitä on mahdollista toteuttaa. Toteuttamisen jälkeen toimet on tarkistettava ja muokattava uudelleen jotta voidaan toimia. Tämä luo pohjan jatkuvale parantamiselle [Liker 2006].

1.4.2 A3-menetelmä

Ongelmanratkaisumenetelmä A3 on saanut nimensä paperikoosta A3. Menetelmää voidaan käyttää ongelmanratkaisuun, mutta myös kehittämistarkoituksessa. Erilaisia tapoja käyttää menetelmää on lukuisia. Kaikki tieto löytyy paperilta vakioiduilta paikoilta, joten eri henkilöiden on helppo löytää tarvitsemansa tieto. Tarkoituksena on saada kaikki mahtumaan yhdelle arkille. Tällöin asia on riittävästi tiivistetty ja keskitytään vain oleelliseen. Kuvassa 4 on esitetty malliesimerkki siitä, miten asiat esitetään paperilla.



Kuva 4. Malli A3-raportista [Montana 2012]

Seuraavassa esitellään yleisesti käytössä oleva tapa. Ensimmäisenä mietitään ongelmanasettelu: mitä halutaan parantaa? Ongelma tulee asetella yksiselitteisesti. Seuraavaksi tutkitaan nykytilanne. Jos ei tiedetä mistä lähdetään, on vaikea päästä sinne minne halutaan. Kun tiedetään ongelma, jota halutaan parantaa, tehdään sille juurisyysanalyysi. Mistä johtuu, että ongelma esiintyy. Kun nykytilanne on täysin selvitetty ja ongelman juurisyys on löydetty, mietitään niille vastatoimet. Mitä tulee tehdä, että juurisyiden aiheuttamat ongelmat poistuvat. Kun nämä vastatoimet on löydetty, tehdään niiden toteuttamiseksi suunnitelma ja aikataulu. Tähän suunnitelmaan mietitään myös vastuuhenkilöt jotka vastaavat, että toimet tehdään. Viimeisenä mietitään tarkistustoimet millä varmistetaan, että mietityt muutokset toteutetaan ja että niiden vaikutukset ovat halutunlaiset [Montana 2012].

1.4.3 Kaizen

Kaizen on japanilaisista sanoista (kai + zen) johdettu sana, joka kirjaimellisesti tarkoittaa muutosta parempaan. Vapaammin käännettynä Kaizen tarkoittaa myös jatkuvaa parantamista. Ympäri maailmaa ja erityisesti Yhdysvalloissa Kaizen mielletään projektissa, prosessissa tai toiminnassa havaituksi läpimurroksi. Vähittäisten, pienten projektien sijaan, läpimurtoprojekti sisältää sekä alun että lopun. Kaizen tähtää jatkuvien parannusten alituisen tekemiseen niiden suuruudesta riippumatta ja samalla myös kaikkien prosessihukan eliminointia. Kaizen opettaa yksilöille toimimista pienissä ryhmissä tehokkaasti ratkaisten ongelmia ja parantaen prosesseja. Tämä johtaa siihen, että laadun parantamisella saadaan aikaan merkittäviä kustannussäästöjä. Tämän on katsottu olevan tärkeänä kilpailuetuna esimerkiksi Toyotan tuotannossa, sillä länsimaalaisten kilpailijoiden keskittyminen suuriin mullistaviin muutoksiin on ollut heikkoa jatkuvassa, pienissä osissa tehtävissä parannuksissa [Liker 2006].

Ensimmäinen askel kaizenissa on aina vakiointi. Vasta kun prosessi tai toiminta on vakioitu, voidaan ottaa käyttöön jatkuva parantaminen. Kun toimintoa on parannettu ensimmäisellä kierroksella kaizenia, jatketaan taas vakioinnilla. Tämän jälkeen jatketaan uusilla kierroksilla niin kauan että saavutetaan ideaali tilanne. Erittäin harvoin päästään täysin ideaaliin tilanteeseen, mutta jokainen kierros parantaa toimintoa ja päästään askel lähemmäs ideaalia [Stewart 2012].

Ennen Kaizen-projektin aloittamista yrityksen tulisi valmistautua projektiin hahmottamalla ensin työn laajuus, eli mikä on projektin alku ja miten projekti päättyy. Seuraavaksi projektille täytyy asettaa tavoitteet, eli päämäärät jotka prosessilla tulisi saavuttaa. Nykytilan täydellinen dokumentointi on myös erittäin tärkeää, sillä esimerkiksi prosessin jokainen osa on hyvä hahmottaa ennen projektiin ryhtymistä eikä tällöin projektia tarvitse aloittaa aivan tyhjältä pöydältä. Vielä ennen projektiin ryhtymistä kaikki parannettavaan prosessiin kuuluvat dokumentit ja nykytilan kuvaukset olisi hyvä kerätä kokoon, jotta ne olisivat kaikkien osallistujien nähtävänä. Taulukossa 1 on esitetty Toyotalla käytössä oleva Kaizen-työpajamalli. Tämä kuvaa hyvin projektin rakennetta. [Liker 2006].

Taulukko 1. Kaizen työpajamalli [Liker 2006].

Kuka on asiakas?	<ul style="list-style-type: none"> • Prosessin laajuus • Mikä on lisäarvoa asiakkaalle? • Mitattavat tavoitteet?
Nykyisen tilan kaavio	<ul style="list-style-type: none"> • Prosessin vaiheet • Prosessin virtaus • Lisäarvoa tuottavan ja tuottamattoman ajan tunnistaminen
Tulevan tilan kaavio	<ul style="list-style-type: none"> • Kyseenalaista pakollinen lisäarvoa tuottamaton työ • Lisäarvoa tuottamattoman osan poistaminen • Kyseenalaista lisäarvoa tuottava työ. Miksi? • Luova harppaus
Toteutussuunnitelma	<ul style="list-style-type: none"> • Mitä? Milloin? Kuka? • Koulutus- ja viestintäsuunnitelma
Tee se!	<ul style="list-style-type: none"> • Aloita projektiviikon aikana • Jatka projektiviikon jälkeen • Tee välttämättömiä uudelleenjärjestelyitä arvovirtojen ympärillä
Arviointi	<ul style="list-style-type: none"> • Aseta prosessin mittaus • Seuraa edistystä visuaalisesti • Jatkuva parantaminen

Projektiin osallistuvien henkilöiden tulee ensin määritellä asiakkaan tarpeet ja prosessit niiden täyttämiseksi, jotta voitaisiin tarkasti määritellä arvoa tuottava ja tuottamaton prosessivaihe. Tämä ei välttämättä ole helppoa, mikäli yrityksellä on useita erilaisia avainasiakasryhmiä, sillä heidän tarpeiden täyttämiseen käytetyt prosessit saattavat erota laajuudeltaan merkittävästi toisistaan. Nykytilan kartoittamisessa on tärkeää keskustella juuri prosessia päivittäin käyttävien henkilöiden kanssa, jotta saataisiin oikea kuva prosessin kulusta. Heillä on usein myös esittää hyviä ja kehityskelpoisia parannusehdotuksia, jotka lisäävät prosessin mukanaan tuomaa arvoa. Lisäarvon havaitseminen voi olla kuitenkin hankalaa, sillä kaikki haluavat käsittää oman työnsä pelkästään lisäarvoa tuottavana. Tällöin priorisointi tulee tehdä asiakkaalle tuotetun lisäarvon mukaan ja niihin prosesseihin tulee keskittyä. Seuraavana tiimin tulee keskustella avoimesti siitä, minkälainen tuleva prosessi parannuksineen tulisi olemaan. Tulevan prosessin tilan tulee kuitenkin nojautua yrityksen strategioihin [Liker 2006].

Tämän jälkeen parhaaksi havaittu paranneltu prosessi tulee viedä käytäntöön. Osa parannuksista voidaan saada käyttöön jo projektiviikon aikana, mutta osa vaatii tietokantojen muutoksia jotka vievät aikaa. Viimeisenä vaiheena projektin onnistumiselle ja parannusten täytäntöönpanon seuraamiseksi tulee luoda luotettava ja oikeanlainen mittaristo, jotta projektin etenemistä voitaisiin seurata ja tarpeen tullen siihen voitaisiin puuttua. Tämän takia noin kuukauden päästä projektista ryhmän tulisi kokoontua ja katsoa, missä vaiheessa prosessi on menossa, ja mikä parannusehdotusten läpiviennin tila ja mahdolliset ongelmat voitaisiin tuolloin ratkaista, etteivät ne jatkossa vaikuttaisi itse prosessiin. Jatkuvalla parantamisella voidaan tulevaisuudessa ylläpitää ja edelleen kehittää paranneltua prosessia, jotta viikon mittaisen projektin työ ei menisi täysin hukkaan [Liker 2006].

1.5 JUST-IN-TIME

JIT-ajattelumallista esimerkiksi autoteollisuudessa tarkoittaa sitä, että oikeat alikokoonpanot niitä tuottavista prosesseista saapuvat tuotantolinjalle oikeaan aikaan tarvittavina määrinä. Jos JIT on toteutettu koko yrityksessä, turhat varastot jäävät pois, saaden näin investoinnit varastoihin tarpeettomiksi. Varaston ylläpitokustannukset häviävät ja pääoman kierto nopeutuu [Monden 2012].

Eräs tärkeimmistä asioista JIT-ajattelussa on imuohjaus. Imuohjauksen rakentamiseksi on useita työkaluja. Käytetyin niistä on kanban. Vaikka kanban on useimmin käytetty työkalu, niin imuohjauksen voi rakentaa myös muita keinoja käyttäen. Imuohjauksessa tärkein yksittäinen asia on tiedonkulku. Perinteisesti tuotantoon työnnetään tietoa ja materiaalia. Imuohjauksen kautta tieto kulkee eri suunnasta. Tämä saa aikaiseksi sen, että tuotannossa ei ole välivarastoja vaan tietoa ja materiaali tulee tuotantoon oikeaan aikaan [Steward 2012].

Toinen perustavanlainen ajatus JIT-toiminnassa on tuotannon virta. Jatkuva tuotannon virta perustuu ajatukseen, että kaikki ylimääräiset pysähdykset ja liikkeellelähdöt on poistettu tuotannosta. Jatkuva virta toimii yksin imuohjauksen kanssa vähentäen kokonaistuotantoaikaa ja vähentäen keskeneräisen tuotannon määrää [Steward 2012].

Viimeinen JIT-maailman perusajatuksista on takt-aika. Takt-aika perustuu asiakkaan vaatimukseen. Takt-aika ja tahti-aika ovat täysin eri asiat, vaikka ovatkin sukua toisilleen. Takt-aika on aika, missä ajassa on yksi kappale tuotetta saatava valmiiksi. Aika perustuu asiakkaalta saatuu määrään. Tästä lasketaan kokonaistuotantoajan kanssa ai-

ka, jossa yksi kappale on saatava valmiiksi että asiakkaan vaatimus tulee täytetyksi. Joka tuotteella on oma takt-aikansa ja tuotannon joka prosessilla on oma takt-aikansa. Kun tämä aika tiedetään, ei valmisteta yhtään enempää kuin mitä on tarve [Steward 2012].

1.6 HUKAT

Lean ajattelumallin tarkoituksena on lähtökohtaisesti parantaa yrityksen tuottavuutta. Tuottavuutta ei ole tarkoitus parantaa nopeuttamalla työahtia vaan poistamalla erilaisia turhia asioita tuotannosta. Lean-ajattelu keskittyy seitsemän erilaisen turhuuden poistamiseen. Tuottamattoman toiminnan poistamisella pyritään lyhentämään läpimenoaikaa, pienentämään kustannuksia, pienentämään varastoja, pyritään vähentämään kaikkea turhaa. Lean-ajattelussa näitä turhia asioita kutsutaan hukiksi. Hukkia on lähtökohtaisesti seitsemän. Erilaisia hukkia on löydettävissä kaikenlaisesta toiminnasta, on kyse sitten tehtaan kokoonpanolinjasta, toimistotyöstä tai asiakaspalvelusta [Kouri 2009].

Keskeisintä Leanissa on tunnistaa ja eliminoida hukka nopeasti ja tehokkaasti, pienentää kustannuksia sekä parantaa laatua. Hukka on seuraus vioista ja virheistä, jotka vaihtelu aiheuttaa. Jos poistetaan vain hukkaa, hukka tulee uudestaan. Vaihtelua minimoimalla hukan syntyminen vähenee [Karjalainen et al.2000].

1.6.1 Ylituotanto

Ylituotannolla tarkoitetaan sitä, että valmistetaan liikaa tuotteita tilauksiin nähden, valmistetaan sellaisia tuotteita joille ei ole laisinkaan tilausta tai valmistetaan tuotteita liian aikain toimitukseen nähden. Ylituotannon aiheuttamia ongelmia ovat esimerkiksi komponenttien tai materiaalien ennenaikainen hankinta. Liian aikaisin tuotetut tuotteen saatavat myös tuotemuutosten takia vanhentua. Ylituotanto aiheuttaa tuotannon häiriintymistä ja varastojen kasvamista. Lisäksi virheiden määrä saattaa lisääntyä ja varastohävikki kasvaa. Ei ole tavatonta, että suunnittelussa ei eroteta haluja tarpeista jolloin suunnitellaan liikaa piirteitä lisäten näin valmistuskustannuksia, virhemahdollisuuksia ja ylläpitokustannuksia. Hyvä työkalu ylituotannon vähentämiseen on JIT-toiminta. Näin tuote tai sen osa tuotetaan vasta kun se tarvitaan.

Ylituotantoon löytyy useita syitä. Esimerkiksi suuret eräkoot saattavat johtaa ylituotantoon. Monesti syynä on tuotannon suunnittelun puutteellisuus, tuotantolaitteiden ylikapasiteetti, niin sanotut puskurit eli tehdään varmuuden vuoksi, jos sattuukin tulemaan ylimääräinen tilaus tai konerikko [Tuominen 2010].

Ylituotanto peittää alleen tuotannon monia ongelmia. Niin tuotannolliset kuin laadullisetkin ongelmat löydetään paljon myöhemmin koska ylituotannon aiheuttama valmiiden tuotteiden varasto piilottaa monet ongelmat pitkiksikin ajoiksi [Steward 2012].

1.6.2 Yliprosessointi

Yliprosessointi tarkoittaa toimintaa joka ei lisää tuotteen tai palvelun arvoa. Toiminta voi olla tarkoituksellista tai tarkoituksetonta. Tarkoituksellisesta yliprosessoinnista voi tulla monimutkainen sekoitus, paljon enemmän kuin asiakas haluaa. Tarkoitukseton yliprosessointi tarkoittaa, että tehdään liian hienoa tai hyvää vaikka siihen ei ole tarvetta. Yliprosessointi tarkoittaa osin samaa kuin ylituotanto. Väärin prosessoitu on yleisempää raskaammissa prosesseissa missä palautteen kulku takaisin kestää kauemman. Tämä tarkoittaa myös, että asiakkaan tarpeet on ymmärretty väärin ja tehdään siksi liikaa tai tehdään jotain muuta kuin mitä asiakas vaatii. Monet organisaatiot käyttävät kalliita tarkkuuslaitteita siellä missä kevyempi ja halvempi tapa olisi riittävä. Tämä on usein seurausta huonosta tehdas-layout-suunnittelusta, koska oikeat laitteet ovat väärässä paikassa tai kaukana toisistaan. Voi myös olla, että kalliita laitteita käytetään tarpeettomasti jotta katettaisiin niiden kustannukset. Toyota on tunnettu halvan kustannusten automaatiosta yhdistettynä huolellisesti ylläpidettyihin vanhempiin laitteisiin. Investoimalla pienempiin, joustavampiin laitteisiin ja koneisiin joissa on mahdollista saavutetaan paremmin toimivat toimintasolut ja näin vähennetään yliprosessoinnin riskiä [Monden 2012].

Monesti ihmiset, jotka ovat liian lähellä tuotantoa, eivät enää erota tarpeellista prosessointia yliprosessoinnista. Yliprosessointia pidetään tuotantoon kuuluvana asiana, koska asiat ovat aina näin tehty. Pitää myös muistaa, että virheiden korjaus on täysin yliprosessointia. Asia olisi voitu tehdä kerralla kuntoon [Steward 2012].

1.6.3 Kuljetukset

Kuljetustarvetta esiintyy valmistajan ja asiakkaan välillä, mutta usein myös valmistajalla sisäisesti. Sisäisten kuljetusten määrä pitäisi minimoida. Yksi syy sisäisiin kuljetuksiin on huonosti suunniteltu tuotannon layout. Koneet on esimerkiksi laitettu epäkäytännölliseen järjestykseen tuotantoon nähden ja kauaksi toisistaan. Huonosti suunniteltu tilankäyttö tuotannossa johtaa siihen, että tavaraa saatetaan joutua siirtämään pois tieltä ja

siirretään välillä hyllyyn ja sieltä takaisin tuotantoon. Kuljettimien huono kunto tai puuttuminen saattaa johtaa siihen, että tavaraa kuljetetaan trukeilla tuotannossa.

Tästä on esimerkki eräässä tehtaassa. Rullauskoneen päästä valmis tuote menee lavalle ja lavan tullessa täyteen kuljettimet siirtävät lavan varastoon lastausta varten. Kuljettimen mennessä epäkuntoon, (esim. likainen valosilmä) tuotanto pysähtyi, koska ei ollut tilaa laittaa valmiita tuotteita seuraavalle lavalle. Tämä hoidettiin sillä tavalla, että trukikuskusi haki tuotteet suoraan tuotantolinjan päästä ennen kuljettimelle menoa. Liian pienet varastot saattavat aiheuttaa tavarán säilömisén ulkotiloissa, joissa ne saattavat olla sään armoilla ja esimerkiksi lumentulon takia ne joudutaan siirtämään uudelleen johonkin [Tuominen 2010].

Kuljetusten välttämiseksi kannattaa suunnitella tuotantotilojen, työkonoiden ja työpis- teiden sijoittelu mahdollisimman yksinkertaiseksi. Lean-periaatteilla on mahdollistaa vähentää tai jopa poistaa monia kuljetusongelmia. Esimerkkinä Tuominen mainitsee U- muotoisen valmistuslinjan sekä seisaaltaan tapahtuvan työskentelyn, mikä olennaisesti lisää liikkumisen joustavuutta istumatyöhön verrattuna. Lisäksi hän mainitsee työnteki- jän ammattitaidon lisäämisen siten, että sama työntekijä pystyy yhdessä pisteessä suo- riutumaan useammasta työvaiheesta. Tästä esimerkkinä voisi toimia koneenasennuslin- ja, jossa yksi työntekijä asentaa tietyt osat, jonka jälkeen kone tarvitsee siirtää seura- valle työntekijälle seuraavia osia varten. Edellä mainitun työmenetelmän voisi korvata sillä, että työntekijän asentamien osien määrää lisätään. Toisena esimerkkinä voisi käyt- tää prosessiteollisuuden koneidenkäyttäjiä, joille olisi hyvä opettaa myös muiden kuin oman koneen käyttö. Näin selvittää helpommin esimerkiksi poissaolojen paikkaamises- ta ja pullonkaulojen ohittamisessa [Stevenson 2009].

1.6.4 Liike

Hukkana liike tarkoittaa tarpeetonta siirtelyä mikä ei kasvata tuotteen arvoa. Esimerkik- si päätökset pitää hakea kaukaa ylemmältä johdolta myös vakioasioissa. Yksinkertaisen vakiotöimenpiteen tekemiseen tarvitsee tehdä liikaa monimutkaista työtä. Ylimääräiset häiriötekijät menevät myös tähän kategoriaan. Tämä hukka usein liitetään ergonomiaan. Kaikki ylimääräinen taivuttelu, venyttely, kävely, nostelu ja kurottelu ovat turhaa liiket- tä. Nämä ovat usein myös terveydellisiä asioita, mikä ei tämän päivän yhteiskunnassa ole lainkaan merkityksetön asia. Ylimääräinen liike työssä pitäisi analysoida ja tunnis- taa, että työ voidaan suunnitella paremmin [Monden 2012]. Ylimääräistä liikettä on

myös, jos joudutaan hakemaan tuotannot osat tai työkalut kaukaisesta varastosta. Työpisteen epäsiisteys ja ylimääräiset tavarat aiheuttavat ylimääräistä liikettä. Tästä kärsii sekä tuotanto että ergonomia. Työpisteeseen voidaan esimerkiksi merkitä kaikkien tarvittavien työkalujen paikat. Näin ne voidaan aina löytää helposti ja työpisteelle ei kerry myöskään niin helposti työkalukasaa.

1.6.5 Odottelu

Turhaa odottamista ilmenee aina silloin, kun tavara ei liiku tai sitä ei millään tavalla työstetä. Usein tavara joutuu odottamaan seuraavaa operaatiota tai työpistettä. Tämä johtuu yleisimmin siitä, että materiaalien virtaus on huonoa, koneiden odotusajat ovat liian pitkiä tai työpisteiden väliset etäisyydet ovat liian suuria. Turhaa odottamista voidaan vähentää linkittämällä tuotannon prosessit siten, että materiaali siirtyy suoraan ensimmäisestä työnvaiheesta seuraaviin vaiheisiin sujuvasti ja nopeasti [Tuominen 2010]. Odotus on yksi helpoimmin löydettävistä hukista. Lähes jokainen joka alkaa etsiä hukkia, löytää ensimmäisenä seisoskelevat ihmiset odottamassa. Linjamaisessa tuotannossa odottamista ilmenee, mikäli tuotannon tahtiaika ei ole kohdallaan ja osalla työpisteistä on pitemmät työajat kuin toisilla. Tämän takia muut työpisteet joutuvat odottamaan hitainta työnvaihetta. Tuotannosta on harvoin löydettävissä sellaista ideaalista tahtiaikaa, että odotusta ei olisi tuotannossa lainkaan. Tuotannonsuunnittelulla ja kunnossapidolla saadaan odotusaikoja pienennettyä [Steward 2012].

1.6.6 Varasto

Varastojen aiheuttamiin ongelmiin lukeutuvat muun muassa ylimääräinen tilantarve, pääoman sitoutuminen tuotteisiin ja tuotteiden mahdollinen pilaantuminen (elintarviketeollisuus, puutarhat). Näiden lisäksi varastot edellyttävät tietokannan ja varastokirjanpidon ylläpitämistä. Varastoarvojen seuranta on olennainen osa kannattavuuden analysoinnissa. Varastojen tyypit tulee luokitella tarpeellisiksi ja tarpeettomiksi ja sitten hakea syyt tarpeettomien varastojen syntyyn. Syiden selvittäminen on helpompaa keksiä ratkaisut esimerkiksi imuohjausta ja kanban-järjestelmää hyväksikäyttäen. Asetusaikojen lyhentämisellä ja pullonkaulojen poistamisella voidaan vaikuttaa varastojen syntyyn. Yleisiä syitä varastoille ovat ylimääräinen tila, jota on luonnollista käyttää varastona, pullonkaulat tuotannossa, valmistaminen varmuuden vuoksi sekä suuret valmistuserät.

Liian suuret varastot peittävät usein tuotannon varsinaiset ongelmat. Varastojen vähentämiseksi on käytettävissä useita keinoja [Tuominen 2010].

Vaikka liian suuret varastot voi olla helppo tunnistaa, ne ovat monesti hyvin vaikeita hävittää. Varastoja pidetään monesti pakollisena, jotta tuotanto pyörii kunnolla. Tällaisella ajatusmallilla ei varastoja saada hävitettyä lainkaan. Pitää saada myytyä ajatus koko organisaatiolle, että paremmalla tuotannon hallinnalla saadaan varastoja pienennettyä [Steward 2012]

1.6.7 Viallinen tuote

Virhekustannuksia syntyy tuotannossa sekä koneiden että ihmisten tekeminä. Tiivistetynä koulutuksen ja käytäntöjen puutteellisuus on usein syytä laatuvirheisiin. Ei suoriteta jatkuvaa laaduntarkkailua ja käytetään vääriä tai puutteellisia laatu- ja tarkastusstandardeja. Tuotteet saattavat vaurioitua materiaalin käsittelyn ja kuljetusten aikana sekä varastoissa. Työntekijöiden huono ammattitaito ja huonot työohjeet aiheuttavat myös laatuvirheitä [Tuominen 2010].

Virhekustannuksia voidaan välttää kouluttamalla kaikki työntekijät tarkistamaan oman työnsä laatu ja kannustamalla virheiden ilmiantoon. Ennaltaehkäisevä kunnossapito tuotantolaitteistolle on myös hyvä keino vähentää koneperäisiä laatuvirheitä. Ihmisten lisäksi laadunseurantaan voidaan käyttää autonomisia laitteita kuten konenäkölaitteita, jotka pystyvät joissain tapauksissa suurempaan tarkkuuteen nopeatahtisessa massatuotannossa kuin ihminen. Löydetyille virheille pitää aina löytää syy ja poistaa se tai ainakin vähentää sen esiintymistäajuutta [Tuominen 2010].

1.6.8 Henkilöstön luovuuden käyttämättömyys (Toyotan kahdeksas hukka)

Edellä mainittujen seitsemän hukan lisäksi mainitaan usein myös kahdeksas, Toyotan kahdeksas hukka. Henkilöstön luovuuden käyttämättömyys on usein hukka, joka ohiteetaan. Toyota on tunnettu ahkerasta työntekijöiden osallistumisesta tuotannon parantamiseen ja virheiden vähentämiseen. Jotkut johtajat eivät halua kuunnella työntekijöitään, tai he uskovat tietävänsä kaiken. Työntekijä saattaa huomata tehottomuuden tai tarpeettoman prosessin, mutta kertoessaan siitä eteenpäin heitä ei kuunnella. Henkilöstö pitää saada osallistumaan parantamiseen, saada heidän tuntevansa kuuluvan tiimiin. Näin heidän osaaminen ja parannusehdotukset saadaan hyötykäyttöön [Monden 2012].

1.7 TYÖKALUT

Lean on eräänlainen filosofinen ajattelumalli, joka käsittää toimintojen organisoinnin organisaatiossa. Perustarkoituksena Leanissa on tuottaa lisäarvoa asiakkaalle mahdollisimman vähin resurssein, mutta samalla huomioon ottaen koko organisaation toiminta. Käytännössä Lean on oikea-aikaisuuden lisäksi vain kasa erilaisia työkaluja, joita tulee osata käyttää oikein kaikkien parhaimman tuloksen saavuttamiseksi. Lean ajatteluun kuuluu useita työkaluja joilla pyritään saavuttamaan Lean-toiminnalle asetettuja tavoitteita. Nämä työkalut eivät ole itse Leanin tarkoitus vaan niillä on tarkoitus hallita vallitsevia ilmiöitä [Merikallio].

1.7.1 5S

5S-työkalun viisi vaihetta ohjaavat siihen, että työpisteessä on vain välttämättömät työkalut ja tavarat ja kaikelle on oma paikkansa, jotta ne löytyvät nopeasti. Lisäksi työskentely-ympäristö on siisti ja visuaalisesti miellyttävä. Ilman viittä S:ää tuotannossa olevat hukat kasautuvat vuosien mittaan ja virheellisistä toimintatavoista tulee hyväksyttäviä. Tästä syystä tuotanto ei toimi parhaalla mahdollisella tavalla. Työkalua käytetään iteroivasti, eli kierroksia tehdään toistuvasti edellisen valmistuttua [Liker 2006].

5-S malli koostuu viidestä vaiheesta:

1. luokittele (Sort)
2. järjestä (Straighten)
3. siivoa (Shine/Sweep)
4. vakiinnuta (Standardize)
5. ylläpidä (Sustain)

Luokitteluvaiheessa tulee tunnistaa prosessista ne osat, joita käytetään useasti (sovellukset, järjestelmät, tiedot, rekisterit ym.). Samalla on tärkeää tunnistaa myös ne osat, joita käytetään harvemmin. Nämä ovat kohteita, joihin Lean-toimet tulee kohdistaa eli näistä osista on mahdollista luopua. Luokitteluvaiheessa kaikki työpisteellä tai sen läheisyydessä oleva materiaali analysoidaan. Täytyy selvittää jokaisen tavaran käyttötarkoitus.

Tämän jälkeen luokitellaan ne joko tarpeelliseksi tai tarpeettomaksi. Kaikki turha poistetaan työpisteiltä joko hävittämällä tai varastoimalla. Tarpeelliseksi luokitellulle tavaramalle selvitetään seuraavaksi sen säilytyspaikka [Huovinen 2008].

Järjestelyvaiheessa edellä mainitut osat tulee järjestellä siten, että nopea ja sujuva palvelun tarjoaminen on mahdollista. Apuna on mahdollista käyttää erilaisia visuaalisia keinoja [Moisio 2010]. Järjestelyvaiheessa kaikki laitteet, välineet, osat, komponentit, materiaalit ym. on järjestetty kukin paikoilleen, toisin sanoen ne ovat helposti saatavilla ja nähtävillä. Laitteiden varoitusten ja opasteiden pitää olla selkeästi merkitty, jotta jokainen pystyy näkemään ne. Pitää myös ottaa huomioon käyttäjien ideat ja selvittää, mitä tarvitaan ja miten asioiden tulisi olla. Rakennetaan työvälineiden säilytykseen varjostettavia seinätauluja, hyllyjä ja lukittavia kaappeja.

Siivoamisvaiheessa tulee työyhteisön ja yhteistyökumppaneiden kanssa sopia niistä toimista, joilla palveluympäristö pysyy valmiina ja palvelukykyisenä [Moisio 2010]. Siivoamisvaiheessa työpiste siivotaan huolellisesti ja luodaan selkeät ja yksinkertaiset siivousohjeet. Pohditaan, mitkä ovat työpisteen likaantumisen syyt, eliminoidaan nämä syyt ja pidetään paikka siistinä [Huovinen 2008].

Vakiinnuttamisvaiheessa pohditaan edellä olleissa vaiheissa luotujen parannusten mahdollista täytäntöönpanoa siten, että ne kattavat koko prosessin [Moisio 2010]. Vakiinnuttamisvaiheessa työpiste visualisoidaan ja toimintaohjeet dokumentoidaan ja laitetaan selkeästi näkyville. Jokaiselle tavaralle merkitään oma paikka selkeästi värikoodeja ja piirrettyjä, työkalujen muotoisia ääriviivoja apuja käyttäen [Huovinen 2008].

Ylläpitovaiheessa tulee pohtia niitä toimia, joilla parannettua prosessiympäristöä on mahdollista ylläpitää. Avainasemassa on tällöin motivointi, kannustus ja johdon näkyvyys. Kaikki muutokset ylläpidetään säännöllisillä Lean-arvioinneilla ja jatkuvalla parantamisella [Huovinen 2008].

5-S mallilla on koettu olevan useita hyötyjä Lean-toiminnan kannalta. Usean Lean työkalun sijaan malli keskittyy lähinnä työskentelyolosuhteiden parantamiseen työntekijöiden seurannan sijaan. Sen on katsottu kannustavan työntekijöitä jatkuvien pienten parannusten tekemiseen ja sitä kautta myös tehokkuus ja nopeampi läpimeno ovat parantuneet. Mallin avulla on myös huomattu olevan ennaltaehkäisevä vaikutus ongelmien ja hukkan minimoimiseen. Pitkällä aikavälillä myös asiakkaalle syntyy parempi mielikuva palvelusta mitä yritys tarjoaa [Moisio 2010].

1.7.2 Kanban ja imuohjaus

Kanban on nimitys korteille, joiden avulla hallitaan materiaalivirtaa. Korteilla näytetään joko varastolle tai alihankkijalle, että tarvitaan lisää osia, tai se on merkki edelliselle prosessivaiheelle uusien osien valmistamiseksi. Korteilla saadaan aikaan imu tuotantoon. Kanbanista voi olla erilaisia variaatioita liittyen erilaisiin tilanteisiin (prosessissa-merkki, yksittäiskortti, monikortti-menetelmä, nosto-kortti, toimittaja-kortti, virhe-kortti, pika-kortti). Kanban toimii parhaiten, kun yritys on ottanut onnistuneesti käyttöön myös muut Lean työkalut [Hobbs 2004].

Toyota Production Systemin mukaan kanban korteilla saadaan yrityksen eri prosessit sidottua yhteen. Tämä prosessien yhteys saa aikaan paremman tuotantomäärien ohjauksen. TPS:n kanban perustuu seuraavien asioiden parantamiseen [Monden 2012]:

- tuotannon tasoittaminen
- asetusaikojen pienentäminen
- toimintojen tehostaminen
- tuotantolaitteiden layoutin tarkastelu
- autonomia.

Asetusaikojen pienentäminen on välttämätöntä, että tuotannossa voidaan valmistaa erilaisia tuotteita peräkkäin. Tämä on välttämätöntä, että onnistutaan pienentämään varastoja. Ajatuksena on, että koneen käynnistyttyä koneen käyttäjä poistaa edellisen kappaleen ja valmistelee jo seuraavan odottamaan ennen koneen pysähtymistä. Toiminnoista pitää pystyä tekemään mahdollisimman paljon koneen käydessä [Monden 2012].

Toimintojen tehostaminen on Toyotan ajattelumalli kantavia voimia. Usein sitä kutsutaan myös jatkuvaksi parantamiseksi. Jokaisella työntekijällä on mahdollisuus osallistua toiminnan tehostamiseen tuomalla omat parannusehdotuksensa esille. Näin saadaan toimintaa tehostettua ja laatua parannettua. Samalla arvostetaan työntekijää ihmisenä, kun hänet otetaan mukaan toimintaan [Monden 2012].

Tuotannon layoutin tarkastelu perustuu siihen, että aiemmin tuotannossa oli samantyyppiset laitteet vierekkäin ja laitteita käytti siihen erikoistunut käyttäjä. TPS:n mukaan laitteet järjestetään siten, että käyttäjä käyttää useamman erityyppistä laitetta työpisteessään. Näin saadaan tuotannossa pienennettyä keskeneräistä tuotantoa, koska työpisteestä lähtee eteenpäin valmiimpi tuote. Samalla kappaleen turha siirtely vähenee.

Autonomia tarkoittaa tässä sitä, että tuotannossa on itsessään sisäänrakennettu laadun-tarkkailu. Jokainen kone tai sen käyttäjä tarkastaa oman työnsä siten, että viallisia tuotteita ei pääse lähtemään tuotannossa eteenpäin [*Monden 2012*].

Imuohjaus on toimintatapa, jossa asiakkaan tilaus käynnistää hankinta- ja valmistusprosessin. Imuohjaus ja kanban ovat tehostettuja ohjaustapoja, joissa materiaalien ohjaus kulkee kulutuksen mukaan. Tämä sopii hyvin suurille materiaalivirroille, jolloin niiden ohjaus ei kuormita tuotannonohjausta tai ostotoimintaa päivittäin vaan tilannetta tarkastellaan esim. kerran viikossa. Tiedon kulkeminen on oleellista imuohjauksessa. Oikein käytettynä imuohjauksella saadaan pienennettyä varastoja ja keskeneräistä tuotantoa. Laadun on oltava hyvää, että imuohjaus voi toimia, koska tuotannossa ei ole välivarastoja. Tämä voidaan toki nähdä myös kannustavana asiana, että on tehtävä hyvää että tuotanto toimii [*Steward 2012*].

1.7.3 Kokonaisvaltainen tuottava kunnossapito

Lean ei voi toimia ilman luotettavia ja tehokkaita työkaluja tai prosesseja. Koneiden huono suorituskyky ja rikkoontumiset sekä virheet ovat hukkaa, joita voidaan hallita tuottavalla ylläpidolla. Kokonaisvaltainen tuottava ylläpito (Total Productive Maintenance, TPM) kuvataan kokonaisvaltaisena, käyttäjälähtöisenä lähestymistapana, joka käyttää tiettyjä metodeja työkalujen suunnitteluun, valintaan, korjaamiseen ja ylläpitoon. Tällä varmistetaan, että jokainen kone ja prosessi kykenevät tekemään niille varatut tehtävät ilman virheitä, keskeytyksiä ja hidasteita. Tuottavan ylläpidon tärkeimmät komponentit ovat ennakoiva, ehkäisevä ja autonominen huoltaminen. Tuottavassa ylläpidossa kaikki yrityksen työntekijät ovat vastuussa koneiden ja työkalujen kunnosta. Enää ei ajatella, että koneen käyttäjä ainoastaan käyttää konetta ja huoltomiehet hoitavat koneet huoltotoimet. Tuottavassa ylläpidossa koneen käyttäjä tekee jatkuvasti koneen kuntoa ja toimintavarmuutta ylläpitäviä toimia. Yrityksen täytyykin kysyä itseltään onko heillä huolto-osasto vai korjausosasto [*Carreira 2004*]. Jotta tuottava ylläpito saadaan toimimaan tehokkaimmin, käytetään siinä hyväksi 5S tekniikoita, virhemahdollisuuksien poistamista sekä nopeaa sarjanvaihtoa. Kokonaisvaltaisen tuottavan ylläpidon onnistumisen mittari on pääasiassa kaikkien työkalujen käytön tehokkuus [*Burton et al. 2003*].

1.7.4 Visuaalinen ohjaus

Visuaalisen ohjauksen sanotaan olevan Japanista lähtöisin oleva kehitysprosessi, jolla pyritään aikaansaamaan koko yhtiön kattava järjestelmä, johon kuuluvat työpisteen organisointi, standardointi, visuaalinen näyttö sekä visuaaliset mitat. Visuaaliseen ohjaukseen kuuluu, että työkalujen ja materiaalien paikat on merkitty selvästi. Visuaalista ohjausta voidaan hyödyntää myös monilla muilla alueilla, esimerkiksi tarkastuspisteet näytetään selkeillä merkeillä tai materiaalin paikat näytetään värikoodilla. Myös kanban voidaan toteuttaa visuaalisesti esimerkiksi käyttämällä mittatikkuja (väri vaihtuu, kun osien lukumäärä saavuttaa alarajan) [Hobbs 2004].

1.7.5 Poka-Yoke

Inhimillisten virheiden poistamiseksi käyttökelpoinen tapa on Poka-Yoke. Poka-Yokella eliminoidaan virhemahdollisuuksia. Tämä on tärkeää kun halutaan vähentää vaihtelua [Pande et al. 2000]. Poka-Yokea voidaan hyödyntää tuotteen suunnitteluvaiheessa, työkalujen käytössä ja prosessin suunnittelussa. Kehitysmenetelmänä Poka-Yoke on sellainen, joka hyödyntää laitetta tai työmenetelmää, jolla saadaan estettyä virheet ja työkalujen toimimattomuus prosessissa. Nämä laitteet ovat tuotannolle tärkeitä, koska niillä saadaan estettyä koneiden tai tuotteiden vaurioituminen. Ne estävät vääräntyökalun käytön tai toiminnan, tai ne voivat hälyttää siitä ja pysäyttää koneen. Yksinkertaisimmillaan ne ovat ohjureita asennusjigin kyljessä niin, että tuotetta ei voi asentaa jigiin väärinpäin. Poka-Yoken käytölle on yleensä rajattomat käyttömahdollisuudet ja ne ovat yleensä halpoja toteuttaa [Burton et al. 2003].

1.7.6 Nopea asetuksenvaihto

Nopea asetuksenvaihto, Single Minute Exchange of Die (SMED) on yksi useista Lean-toimintamallin metodeista. Tällä on tarkoitus vähentää hukka-aikaa tuotantoprosessissa. Analyysillä on tarkoitus selvittää nopein ja tehokkain tapa vaihtaa tuotanto työn alla olevasta tuotteesta seuraavaan tuotteeseen. Analyysi on todettu tarpeelliseksi, koska yhä kasvavat tuotantomäärät ovat pienentyneet ja tämän takia vaihtomäärät ovat lisääntyneet [Lean concepts 2009].

Nopeaa asetuksenvaihtoa tarvitaan kun tavoitteena ovat yksittäisvirtaukset tuotannossa. Asetuksenvaihtoa tehostamalla voidaan saavuttaa merkittäviä säästöjä ilman suuria in-

vestointeja. Monissa yrityksissä valmistuserät ovat suuria, jolloin välttyään asetusten tekemiseltä eikä siihen sitoudu resursseja. Alussa asetustenvaihdot yleensä menevät yrityksen erehdys periaatteella ja syntyy myös paljon hylättäviä kappaleita jolloin myös raaka-ainetta tuhlautuu. Asetustenvaihdossa on toimia jotka voidaan ryhmitellä kahteen ryhmään: sisäiset ja ulkoiset toiminnot. Sisäiset toiminnot ovat asioita, joita voidaan tehdä ainoastaan koneen ollessa pysähdyksissä. Ulkoiset toimet ovat taas niitä, jotka voidaan suorittaa koneen käydessä. Toiminnan tehostamiseksi pitää pyrkiä muuttamaan sisäisiä toimintoja ulkoisiksi. Tällä saadaan koneen seisonta-aika pienennettyä [Burton *et al.* 2003].

1.7.7 Pienet eräkoot

Ennen käytettyjen suurien varastojen tilalle pitäisi tuotanto saattaa pienelle eräkoolle. Pienet eräkoot mahdollistavat lyhyet läpäisyajat ja varaston pienenemisen. Laatuun pienet sarjakoot vaikuttavat parantavasti, kun laatuvirheet huomataan aikaisemmin ja helpommin. Pienillä välivarastoilla saadaan tilantarvetta ja valmistusaikaa pienemmäksi. Prosessiin käytettävä aika pienenee mitä pienempi sarjakoko on ja samalla tuote siirtyy nopeammin seuraavaan työvaiheeseen. Pienellä sarjakoolla on helpompi saavuttaa tasainen kuormitus eri työvaiheisiin, ne on helpompi tasapainottaa ja samalla mahdollistavat kapasiteetille tehokkaamman käytön.

1.8 CASE

Vuonna 2001 avasi Massachusetts General Hospital Northeast Proton Therapy Centerin, sädehoitolaitoksen syöpäpotilaiden hoitoon. Kun yksikkö perustettiin, vastaavia oli vain kolme Yhdysvalloissa. Perustamisestaan lähtien yksikkö on ollut kysytty ja se ei ole pystynyt vastaamaan kysyntään. Normaalipäivänä yksikkö pystyy hoitamaan 25...30 potilasta, vaikka alkuperäinen tavoite oli 40...50. Tämä sai yksikön miettimään toimintansa tehostamista ja Lean valikoitui työkaluksi.

Varsinainen sädehoito kestää vain joitain minuutteja, joten toiminnan nopeuttaminen pitäisi tapahtua oheistoiminnoista. Tällaisia toimintoja on muun muassa potilaan valmistelu ennen sädehoitoa, potilaan sisään kirjaus ja tietojen etsiminen. Toiminnan tehostamisen aloitettiin niin, että muodostettiin 15 hengen ryhmä. Ryhmään tuli jäseniä lääkäreistä, hoitohenkilökunnasta ja muusta henkilökunnasta. Ensimmäinen toimenpide oli tehdä

nykytila-analyysi jonka jälkeen tehtiin suunnitelma siitä mihin halutaan päästä tulevaisuudessa. Ensimmäinen iso haaste jäsenien mielestä oli, kuinka vaikeata arvovirran kuvaus oikein on. Tämä on arvovirtakuvauksen isoja etuja. Se korostaa, mikä prosessi todellisuudessa on. Tämän jälkeen ryhmä jaettiin kahtia. Toinen puoli alkoi miettiä projektia laajemmin, alkaen siitä kun potilas yrittää varata ajan siihen asti, kun potilaan hoidot ovat ohitse. Toinen ryhmä mietti pienempää osuutta, kun potilaan yksittäinen hoito on alkamassa, potilas hoidetaan ja kotiutetaan. Kun prosessista oli löydetty suurimmat ongelmakohdat, tehtiin 15 askeleen ohjelma asioista joita parannetaan prosessista. Parannusten edetessä koko organisaatiolle tiedotettiin missä mennään ja mitä on saavutettu. Tämän koettiin vähentävän selvästi muutosvastarintaa.

Yksittäisenä suurena muutoksena koko prosessille on käyttöön otettu tarkistuslista. Tämän listan avulla on hoitohenkilökunnan helppo tarkistaa, että potilaalle on tehty kaikki tutkimukset, on valittu teho- ja aika-arvot sädehoitoihin. Visualisointi on helpottanut työtä merkittävästi. Vakioitujen käytäntöjen ansiosta hoitoon pääsyn arviointi on helpottunut. Anestesiaosaston kanssa saatiin sovittua, että heidän palvelut ovat käytettävissä kaksi kertaa aiempaa enemmän. Heidä tarvitaan, koska lapsia hoidettaessa heidät täytyy nukuttaa. Lasten hoitaminen koettiin niin tärkeäksi, että saavutetut lisäpotilasajat kohdennettiin lapsiin. Visualisoinnin ansiosta pystyttiin aiempaa paremmin ennakoimaan, mitä kaikkea tarvitaan potilasta hoidettaessa. Parannusten jälkeen hoitohenkilökunta pystyy jo ennakolta etsimään tarvittavia tuotteita. Aiemmin tavaroita vasta alettiin etsiä kun potilas saapuu.

Koska osaston parannusinto oli niin kova, otettiin uusia ohjelmistoja ensin käyttöön tällä osastolla ennen muuta sairaalaa. Vaikka tämä ei varsinaisesti ole Leania, tämä osasto on ollut myönteisempi uudistuksille Lean projektin jälkeen. Nykyään laitos pystyy hoitamaan 45 potilasta päivässä niin että henkilökunnan määrä on pysynyt samana. Valitut projektit ovat kaikki olleet melko lyhyitä, noin 90...120 päivää. Tämä sen takia, että jos valitaan pitempiä alkavat ihmiset tarjoamaan vastaukseksi tietokoneohjelmia tai vastaavia sen sijaan, että keskittyttäisiin jatkuvana parantamiseen [Taminecz 2005].

2. SIX SIGMA

Six Sigma on kokonaisvaltainen menettely, jolla voidaan saavuttaa, säilyttää ja maksimoida yrityksen menestys. Six sigmaa ohjaa läheisesti yrityksen asiakkaiden tarpeet, kurinalainen tiedon, tietojärjestelmien ja tilastollisten analyysien käyttö sekä kiinnostus yrityksen prosessien johtamiseen, parantamiseen ja uudelleen kehittämiseen [*Pande et al. 2000*].

Six Sigma on uusi nimi vanhalle visiolle: tarkoituksena tuottaa lähes täydellisiä tuotteita ja palveluja asiakkaalle. Miksi Six Sigma kiinnostaa niin monia yrityksiä juuri nyt? Siksi, että menestyminen ja menestyksekkäästi liiketoiminnassa mukana pysyminen on paljon haastavampaa nyt kuin koskaan ennen [*Karjalainen et al. 2002*].

Laatujohtamisen eräs tunnetuimmista työkaluista on Six Sigma. Menetelmä perustuu tilastolliseen toimintatapaan. Lyhyesti sanottuna Six Sigma on joukko menetelmiä ja käytäntöjä, joilla parannetaan systemaattisesti prosessia. Six Sigman tavoitteena on pienentää prosessin ulostulossa (=tuotteissa) vaihtelua. Vaihtelun pienentäminen tapahtuu tutkimalla prosessin syyseuraussuhteita ja tekemällä onnistuneita muutoksia ulostuloon vaikuttaviin muuttujiin.

Six Sigma on työkalu, jonka keskeisenä ajatuksena on keskittyä prosessin vaihteluun. Se ei ole parannusohjelma, vaan suorituskyvyn (Capability) parannusmenetelmä. Six Sigma perustuu tieteelliseen parannusmetodiin, jossa hyödynnetään tilastollista ajattelua ja menetelmiä. Vaihtelun (hajonnan) pienentäminen vähentää hukkaa, josta seuraa kapasiteetin (virtauksen) kasvaminen. Vaihtelu aiheuttaa virheitä, virheet aiheuttavat vikoja ja viat aiheuttavat hukkaa. Six Sigmassa keskitytään vaihtelun minimoimiseen ja Lean keskittyy hukan poistamiseen. Terminä Six Sigma kuvaa erittäin suorituskyykyisen prosessin kykyä tuottaa huippulaatua. Kun hajonta on pieni, on prosessi paremmin hallittavissa.

Six sigmalle voidaan antaa merkitys myös tilastollisen näkökulman pohjalta; Six sigma on päämäärä, joka lähes täydellisesti kohtaa asiakkaiden vaatimukset ja tarpeet. Six sigma itsessään viittaa tilastollisesti jakautuneen tavoitteen saavuttamiseen siten, että miljoonaa tapahtumaa, tuotannon tai palvelun yksikköä kohti tapahtuu vain 3,4 poikkeamaa (DPMO). Huomattava on, että poikkeama ei ole virhe, vaan virheen mahdollisuus. Six Sigma pyrkii pienten parannusten sijaan saamaan aikaan radikaaleja muutok-

sia prosesseihin. Six Sigma on menetelmä, jossa asiantuntijat ratkaisevat ongelmat teollisesti [Pande et al. 2000].

Six Sigman tulokseen vaikuttavat tekijät jakautuvat neljälle osa-alueelle [Karjalainen et al. 2002]:

- parantunut asiakastyytyväisyys
- lyhentynyt läpimenoaika (jaksoaika)
- vähentyneet viat
- ei-jalostusarvotyön väheneminen (piilotehdas) .

Tilastollisin termein Six Sigman tarkoituksena on vaihtelun pienentäminen. Tällöin saavutetaan mahdollisimman pieni standardipoikkeama, jolloin lähes kaikki tuotettavat tuotteet tai palvelut ovat hyväksyttäviä. Monesti sigman, eli käytännössä vaihtelun, pienentäminen johtaa haluttuun tulokseen [Karjalainen et al. 2002].

2.1 DMAIC

Eräs käytetyimpiä Six sigma –konseptin jatkuvan parantamisen työkaluja on nimeltään DMAIC. DMAIC -ongelmanratkaisumenetelmä tuo järjestelmällisen tavan ratkaista ongelmia ja kehittää ratkaisu liiketoiminnan kehittämiseen. Six Sigma toimenpiteet kohdistetaan prosessin vaiheisiin. Six Sigma asiantuntijat hallitsevat menetelmät joiden avulla prosessia parannetaan. Toimenpiteiden tavoitteena on vaihtelun pienentäminen ja prosessin parantuminen. Menetelmässä ongelma ratkaistaan tilastollisesti. Asetetaan tilastollinen ongelma ja ratkaistaan se käyttäen tilastotekniikkaa. Six Sigmassa systemaattinen parantaminen toteutetaan DMAIC-prosessilla, jossa ensin ratkaistava ongelma tai parannusmahdollisuus rajataan läpimurtokohdaksi ja sen jälkeen tähän ongelmaan haetaan oikea ratkaisu. [Karjalainen et al. 2002].



Kuva 5 DMAIC

Lyhenne DMAIC tulee englanninkielisistä sanoista *define, measure, analyze, improve* ja *control* eli määritä, mittaa, analysoi, paranna ja ohjaa. Menetelmässä siirrytään vaiheesta seuraavaan kuvan 5 mukaisesti kun edellinen vaihe on saatu valmiiksi. DMAIC – malli ei toimi ainoastaan prosessin kehittämisessä, vaan myös prosessin suunnittelussa ja uudelleensuunnittelussa. Taulukko 2 antaa yleiskuvan, kuinka DMAIC:in käyttö eroaa prosessin kehittämisessä ja suunnittelussa toisistaan [Pande et al. 2000].

Taulukko 2. DMAIC-malli [Pande et al. 2000].

	Prosessin kehittäminen	Prosessin (uudelleen) suunnittelu
Määritä D	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Tunnista ongelma. ➤ Määritä vaatimukset. ➤ Aseta tavoite. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Tunnista erityiset tai laajat ongelmat. ➤ Määritä tavoite tai muuta visio. ➤ Selvitä käyttöalue ja asiakasvaatimukset.
Mittaa M	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Vahvista ongelma tai prosessi. ➤ Tarkenna ongelmaa tai tavoitetta. ➤ Mittaa tärkeimmät osaprosessit ja syötteet. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Mittaa vastaako suorituskyky vaatimuksia. ➤ Kerää tietoa prosessin tehokkuudesta.
Analysoi A	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Kehitä syyperäisiä olettamuksia. ➤ Tunnista ongelman perussyyt. ➤ Vahvista olettamukset. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Tunnista parhaat toimintatavat. ➤ Arvioi prosessisuunnittelu: arvoa lisäävä vai ei, pullonkaulat tai epäjatkuvuuskohdat, vaihtoehtoiset reitit ➤ Tarkenna vaatimukset.
Paranna I	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Kehitä ideoita perussyiden poistamiseksi ➤ Koeratkaisut ➤ Standardoi ratkaisut ja mitaustulokset. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Suunnittele uusi prosessi: tarkista olettamukset, lisää luovuutta, työnkulun periaatteet. ➤ Ota käyttöön uusi prosessi, rakenne, järjestelmä.
Ohjaa C	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Perusta standardimitaukset suorituskyvyn ylläpitämiseksi. ➤ Korjaa ongelmat tarvittaessa. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Perusta mittaukset ja tarkastukset suorituskyvyn ylläpitämiseksi. ➤ Korjaa ongelmat tarvittaessa.

2.1.1 Define (Määrittelyvaihe)

DMAIC-prosessin ensimmäinen vaihe on määrittelyvaihe (Define), jossa määritellään ongelma ja asiakasvaatimukset. Nämä määrittelevät projektin tarkoituksen ja laajuuden. Määrittelyvaiheessa kerätään taustainformaatiota parannettavasta prosessista ja asiakkaista [Karjalainen et al. 2002].

Aivan aluksi täytyy muodostaa tiimi, joka lähtee työskentelemään annetun ongelman parissa. Niin ongelman asettelu kuin tavoitteiden asettelu tulee miettiä niin, että ne on esitetty mahdollisimman yksiselitteisesti. Näin varmistetaan, että käytetty energia käytetään oikeaan asiaan [Knowles 2011].

Määrittelyvaiheessa tiimi valmistaa ja viimeistelee ongelman asettelun ja tavoitteet. Lisäksi se tunnistaa asiakkaat, joita tutkittava prosessi palvelee, määrittää asiakkaan vaatimukset ja kirjoittaa suunnitelman, kuinka projekti suoritetaan. Koko työn ajan tiimin on pidettävä yhteyttä Championiin varmistaakseen, että projekti pysyy linjassa liiketoimintatavoitteiden, prioriteettien ja odotusten kanssa. Määrittelyvaiheen jälkeen on oltava tuotettuna projektin suunnitelma, mitattavat asiakasvaatimukset sekä prosessikartta [Karjalainen et al. 2002].

2.1.2 Measurement (Mittaus)

Mittaus on looginen seuraus määrittelyvaiheelle. Se on silta kohti analysointivaihetta. Mittausvaiheessa valitaan yksi tai useampia kriittisiä tuoteominaisuuksia. Kriittisten tuoteominaisuuksien valintaan käytetään tilastollisia laatumenetelmiä, kuten ohjauskortteja, SPC:tä tai vika- ja vaikutusanalyysi, FMEA:a. Mittausvaiheen tavoitteena on todentaa ongelman olemassaolo. Tämä tapahtuu keräämällä informaatiota ongelmasta tai mahdollisuudesta. Yleensä tämä johtaa määrittelyvaiheen tavoitteiden hienosäätöön [Karjalainen et al. 2002].

Mittausvaiheessa tulee miettiä, että miten vakaa prosessi on. Samoin tulee varmistaa mittauksen luotettavuus. Molempien tulee olla riittävällä tasolla, jotta mittaus pystyy havaitsemaan prosessista kuusi sigmaa. Käytännössä tämä tarkoittaa mittauksen suorituskyvyn määrittämistä, arviointia ja hyvin usein myös kehittämistä [Knowles 2011].

Mittausvaiheen tuloksena [Karjalainen et al. 2002]:

- syntyy lähtötilanteen dataa ja niistä tehdyt käyrät, jotka kuvaavat vallitsevan tilanteen kuin myös alustavat suorituskykymäärittelykset (sigma-tasot C_p)
 - syntyy dataa, joka rajaa ongelman tiettyyn paikkaan tai kuvaa sen yleisyyttä ja laajuutta
 - syntyy varmistetut mittauksien suorituskyvyt. Mittausvirheen on oltava alle 10% pienimmästä toleranssivälistä tai tutkittavan prosessin hajonnasta tai molemmista
 - rajataan edelleen ongelman lausumaa ja muutetaan se tilastolliseksi ongelmaksi. Onko keskiarvo nostettava tai laskettava, onko hajontaa sigma pienennettävä
 - edellä olevat mittaustulokset muodostavat perustan seuraavalle vaiheelle, jossa analysoidaan sekä prosessia että dataa ja luodaan hypoteesi ongelman ratkaisemiseksi tai prosessin parantamiseksi.
-

2.1.3 Analysis (Analysointi)

Tässä vaiheessa analysoidaan riittävän tarkkoilla mittauksilla ja mittareilla, mikä on asiakkaalle kriittisen ominaisuuden todellinen suorituskyky (C_{pk} -indeksi). Määrittämiseen käytetään kuvaavaa statiikkaa. Datasta analysoidaan stabiilisuus, toistettavuus (delta) ja lasketaan suorituskykyindeksi C_{pk} [Karjalainen et al. 2002]. Analysointivaiheessa käydään läpi koko arvovirtaketju, tavoitteena on löytää vaihtelulle juurisyyt. Arvovirrasta poistetaan elementit jotka eivät tuota asiakkaalle lisäarvoa [Knowles 2011].

2.1.4 Improvement (Parannus ja optimointi)

Parannusvaiheen tavoitteena on kokeilla ja soveltaa ratkaisuja, joihin ydin- tai juurisyyt viittasivat mittaus- ja analyysivaiheen aikana. Six sigma-menetelmän ydin on, kuinka Six Sigma-laatutaso saavutetaan eli miten parannus ja optimointi tapahtuvat. Ratkaisu on vaihtelun pienentäminen. Tämä ratkaisu sopii erityisesti silloin, kun prosessin suorituskyky ei ole riittävä [Karjalainen et al. 2002].

Optimoinnissa on syytä pitää mielessä, että jakauman keskipiste saatetaan keskelle tavoitetta tai toleranssialuetta. Pienennettäessä kriittisen ominaisuuden vaihtelun määrää (standardipoikkeama), määritetään tärkeiden input-tekijöiden pää- ja keskinäisvaikutukset ja identifioidaan näiden tekijöiden optimitasot ulostulojen suhteen [Karjalainen et al. 2002].

2.1.5 Control (Ohjaus ja valvonta)

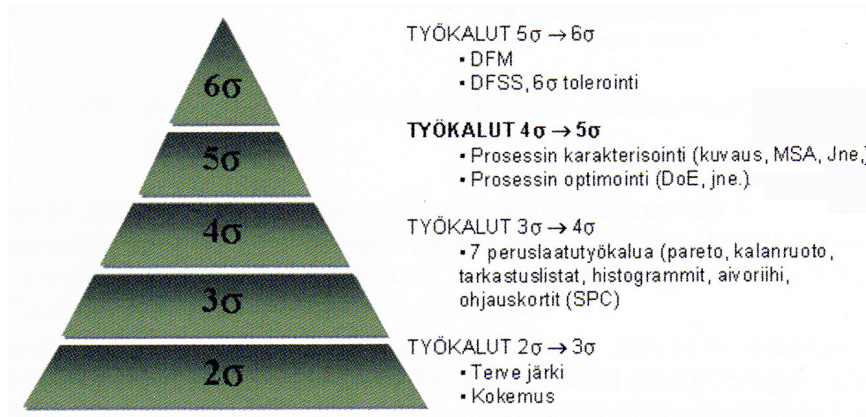
Viimeinen vaihe Six Sigma prosessia on ohjaus ja valvonta. Kun parannustyö on saatu loppuun, prosessi riittävän kyvykkääksi ja vakaaksi siirrytään ennaltaehkäisevään ohjaukseen. Tavoite on löytää ratkaisuja ja malleja millä saavutettu taso saadaan ylläpidettyä. Tason säilyttämisen tarkkailuun tulee kehittää työkaluja [Karjalainen et al. 2002].

Tehdyt muutokset ja parannukset tulee dokumentoida riittävän hyvin, jotta voidaan varmistua siitä että muutokset parempaan jäävät käyttöön. Samalla voidaan myös tehtyjä parannuksia käyttää eri prosesseissa ympäri organisaatiota [Knowles 2011].

2.2 TYÖKALUT

Six Sigmassa on käytössä lukuisia erilaisia työkaluja. Eri työkaluja käytetään eri asioiden parantamiseen. Osa työkaluista on tarkoitettu etsimään mahdollisia parannuskohtia,

toiset taas antavat keinoja korjata löydettyjä parannuskohtia. Yhtä tärkeää on myös ymmärtää, että työkaluja käytetään myös oikeassa järjestyksessä. Parantaminen aloitetaan työkaluilla, jotka ovat nykyistä tasoa tarkempia ja näiden muutosten ollessa käytössä siirrytään kohti tarkempia työkaluja. Kuvassa 6 on esitetty erilaisia työkaluja joiden avulla päästään seuraavalle sigma tasolle.



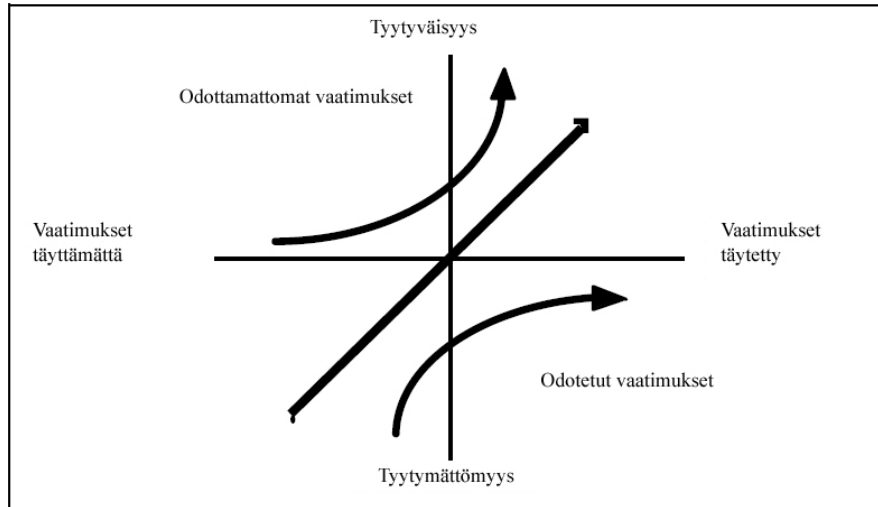
Kuva 6 Six Sigman työkaluja, joilla päästään seuraavalle sigma tasolle [Karjalainen et al. 2002]

2.2.1 Asiakkaan ääni

Asiakkaan ääntä käytetään kuvaamaan asiakkaiden tarpeita ja heidän havaintojaan tuotteesta tai palvelusta. Asiakkaan ääni, Voice Of Customer (VOC), on tärkeä työkalu, kun päätetään siitä mitä palveluja tai tuotteita asiakkaille tarjotaan. Lisäksi se auttaa tunnistamaan ne tuotteen tai palvelun ominaisuudet mistä asiakas on valmis maksamaan tai vastaavasti mitkä ominaisuudet on korjattava, että tuote tai palvelu kelpaa asiakkaalle. Samalla saadaan tietoa siitä mille asiakassegmentille omia tuotteita halutaan tarjota [Karjalainen et al. 2002].

Asiakkailla on tyypillisesti kolmenlaisia vaatimuksia. Paljastetut vaatimukset (Revealed Requirements) ovat sellaisia mitkä asiakas kertoo, kun sitä heiltä kysytään. Jos palvelu on nopeaa, he pitävät siitä ja jos palvelu on hidasta, he eivät pidä siitä. Toinen vaatimustyyppi on odotetut vaatimukset (Expected Requirements). Nämä asiakas usein unohtaa mainita, kunnes vaatimusta ei osata täyttää. Niitä pidetään usein itsestäänselvyytenä. Viimeinen vaatimustyyppi on odottamattomat vaatimukset (Exciting Requirements).

nämä ovat vaikeimpia löytää. Jos asiakkaan vaatimukset ylitetään, hän yllättyy. Jos vaatimuksia ei ylitetä, ei hän myöskään pety.



Kuva 7 Kano-analyysi [George 2005]

Kano analyysin (Kuva 7) mukaan kaikki kolme erityyppistä vaatimusta tulee täyttää. Analyysi on myös dynaaminen siinä, että mikä yllättää tänään voi olla huomisen vaatimus. Asiakkaat oppivat vaatimaan enemmän sitä mukaa kun heidän vaatimuksia ylitetään [George et al. 2005].

2.2.2 Saanto

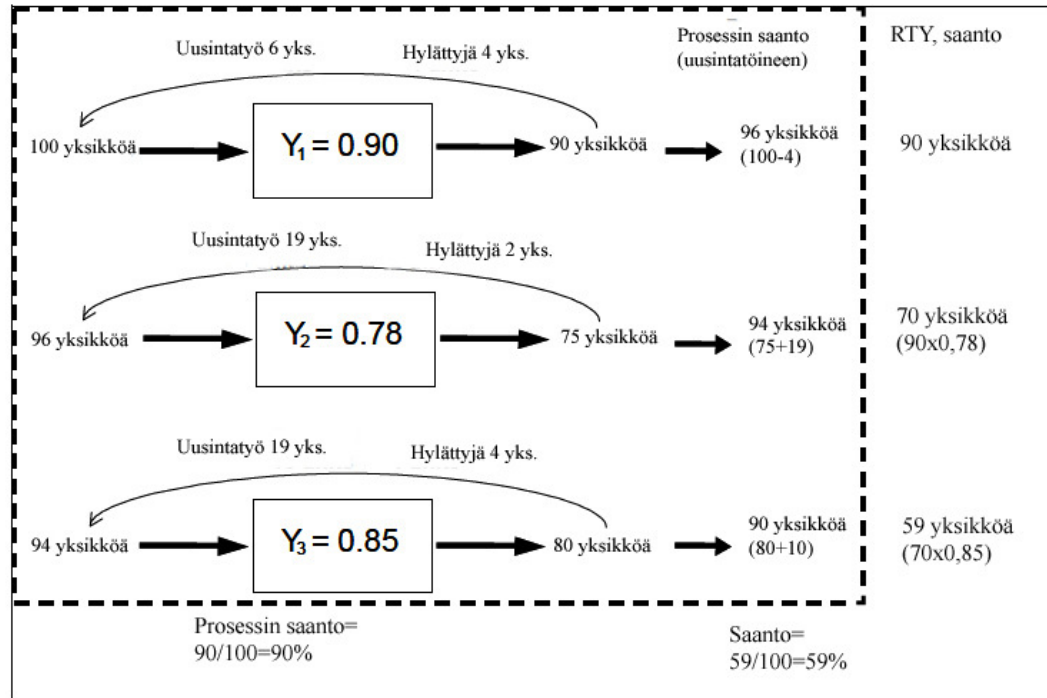
Saanto, Rolled Throughput Yield, RTY, käytetään määrittelemään prosessin todellinen suorituskky. Tämä sisältää myös kaikki piilotehtaat. Piilotehdas on työvaihe tai toiminto, joka ei lisää arvoa asiakkaalle. Myös kerran tehdyn työn korjaaminen on piilotehdas. RTY määrittelee mahdollisuuden, joka tuotteella tai palvelulla on läpäistä prosessi kerralla monivaiheisesta prosessista. RTY on helppo käyttää ja helppo muistaa, kun tiedetään eri prosessin vaiheiden saannon. Saanto on prosentteina kerralla prosessin osan läpäisseiden tuotteiden tai palveluiden määrä kaavan (1) mukaisesti [Karjalainen et al. 2002].

$$p = p_1 p_2 \dots p_n = \prod_{i=1}^n p_i$$

(1)

missä

p_i = yksittäisen prosessin osan saanto

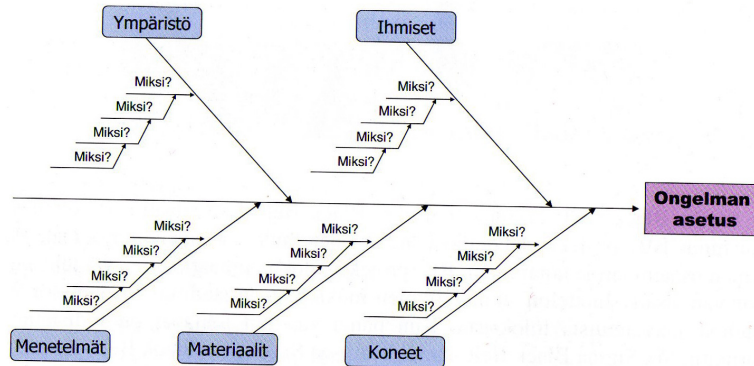


Kuva 8 RTY:n laskentaesimerkki [Breyfogle 2003]

Perinteiseen prosessin läpäisyn laskentaan otetaan mukaan kaikki hyväksytyt kappaleet. RTY:n laskennassa on mukana ainoastaan ensimmäisellä kerralla hyväksytysti läpäisseet. Erona näillä on piilotehtaan, joissa korjataan ensimmäisellä kerralla hylätyksi tulleet. Kuvassa 8 on esimerkki molempien laskemisesta. RTY:ssä lasketaan mukaan joka vaiheen kerralla läpäisseet ja niiden osuudet kertomalla saadaan läpäisyksi 59%. Vastaavasti kun mukaan otetaan korjaamalla hyväksytyt, tulee saannoksi jopa 90%. Mikäli seurataan ainoastaan perinteistä laskentaa, jää piilotehtaat huomioimatta ja kuvitellaan, että prosessi on hyvässä kunnossa, kun totuus on aivan toinen [Breyfogle 2003].

2.2.3 Syy-seurauskaaviot

Syy- ja seurauskaavio on graafinen työkalu, jonka avulla pyritään tunnistamaan ja organisoimaan mahdolliset syyt, jotka vaikuttavat ulostuloon. Kuvassa 9 on esitetty yksinkertainen syy-seurauskaavio.



Kuva 9 Syy-seurauskaavio

Kaaviota kutsutaan myös Ishikawa-diagrammiksi, kalanruotokaavioksi ja juurisyy-analyysiksi. Kaaviossa laitetaan perusongelma diagrammin oikealle puolelle ns. ruodon päähän. Kalanruodon haaroihin laitetaan syitä joista ongelma johtuu. Monesti käytetään neljän M:n jaottelua aloituksena: Materials (materiaalit), Machines (koneet), Manpower (työvoima tai ihmiset) ja Methods (menetelmät). Jokaiseen haaraan lisätään siihen kategoriaan kuuluvat syyt. Näin aikaansaatu kalanruoto antaa selkeän graafisen kuvan syistä, jotka saattavat olla keskeisiä syitä määritettyyn ongelmaan [Karjalainen et al. 2002].

2.2.4 Tilastolliset menetelmät

Standardipoikkeama (s , σ) on varianssin neliöjuuri. Se on kaikkein eniten käytetty mitta laatuvariaabelille ja yleisesti käytetty estimaatti. Standardipoikkeaman kaava on esitetty kaavassa (2).

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}}, \quad (2)$$

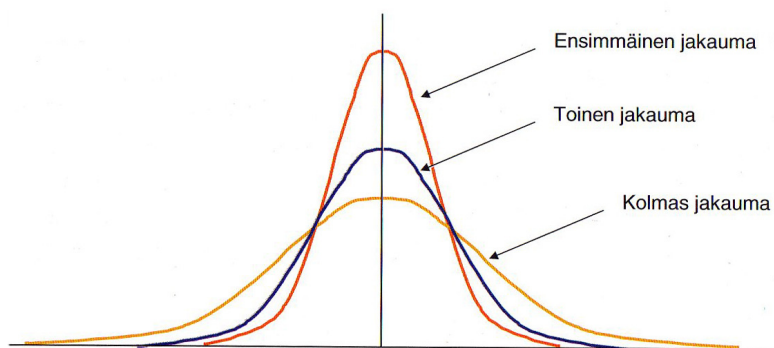
missä

x_1, x_2, \dots, x_n = mittaustulokset

n = otosten lukumäärä

Keskihajonta kuvaa keskimääräistä poikkeamaa odotusarvosta. Sen etu varianssiin verrattuna on, että se on helppo tulkita, koska keskihajonnan asteikko vastaa mittausten asteikkoa.

Normaalijakaumaa voidaan kuvata sen keskiarvon ja standardipoikkeaman perusteella. Normaalijakauma on kaksiparametrijakauma. Standardoidulla normaalijakaumalla eli standardinormaalijakaumalla on keskiarvo nolla ja standardipoikkeama 1. Jakauman hännät ulottuvat äärettömyyteen. Käyrän alla oleva alue esittää 100 % mahdollisista havainnoista. Käyrä on symmetrinen ja keskiarvon molemmat puolet kattavat 50 % kokonaisalueesta. Teoreettisesti 95 % populaatiosta sisältyy ± 2 standardipoikkeaman alueelle [Karjalainen et al. 2002].



Kuva 10 Normaalijakaumat

Kuvassa 10 on esitetty kolme normaalijakaumaa joilla kaikilla on sama keskiarvo. Jakaumien eron aiheuttaa vaihtelu. Ensimmäisessä jakaumassa on vähiten vaihtelua, toisin sanoen hajontaa keskiarvon ympärillä. Toisessa jakaumassa on enemmän vaihtelua ja sillä on suurempi standardipoikkeama. Kolmannessa jakaumassa on eniten vaihtelua ja suurin standardipoikkeama.

Kun prosessista saadaan pienennettyä vaihtelua, se johtaa virhemahdollisuuksien määrän pienemiseen, eli käytännössä virheiden määrän putoamiseen. Taulukossa 3 nähdään hyvin, että vaihtelua pienentämällä yhdelläkin sigmalla, putoaa virhemahdollisuuksien määrää (Defects per million opportunities, DPMO) rajusti.

Taulukko 3, sigma tason vaikutus virhemahdollisuuksien määrään

Sigma taso	DPMO
1	690 000
2	308 537
3	66 807
4	6 210
5	233
6	3

Vaihtelun määrä kertoo miten kyvykäs prosessi on. Spesifikaatiot kertovat, mihin prosessin halutaan kykenevän. Prosessissa on aina kahdenlaista vaihtelua: yleisistä syistä johtuvaa vaihtelua (common cause) ja erityisyyvaihtelua (special cause). Yleisistä syistä johtuva vaihtelu on täysin satunnaista ja sitä voidaan ennustaa. Se on prosessin luonnollista vaihtelua. Erityisyyvaihtelu on ei-satunnaista vaihtelua prosessissa. Se on seurausta tapahtumasta, toiminnasta tai toimintojen sarjasta. Erityisyyvaihtelun luonne ja syyt ovat erilaisia eri prosesseissa [Karjalainen et al. 2002].

2.2.5 Mittausjärjestelmän analysointi

Mittausjärjestelmän analysointi (Measuring System Analysis, MSA) on sarja suunniteltuja testejä, jotka mahdollistavat organisaatiolle mittaussysteemin luotettavuuden määrittämisen. Mittausjärjestelmän tutkimus tarjoaa informaatiota, kuinka paljon prosenteissa mitattuna vaihtelusta (datasta) tulee mittauksen virheestä. MSA on myös erinomainen työkalu, jolla voidaan verrata kahta tai useampaa mittauslaitetta tai kahta tai useampaa operaattoria toisiinsa. MSA:ta tulisi käyttää osana kriteeriä, jolla hyväksytään tai poistetaan mittauslaitteiston osia tuotannosta. Hyväksyminen tai hylkäys mittalaitteelle pitäisi perustua mittausjärjestelmän evaluointiin, jos epäillään sen olevan puutteellinen [Karjalainen et al. 2002].

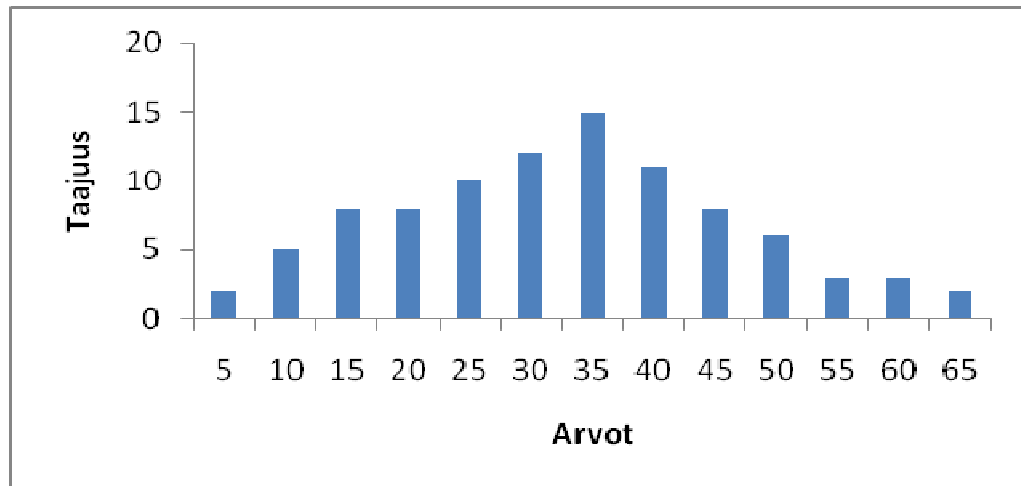
Jos mittausjärjestelmä ei toimi kunnolla, se voi olla vaihtelun syy, joka aiheuttaa negatiivisen vaikutuksen kyvykkyyteen. Jos vaihtelun lähde on mittaus, organisaatio saattaa tietämättään hylätä hyvät yksilöt ja hyväksyä huonot. Vielä vakavampaa on, että kuvitellaan vaihtelun tulevan prosessista, vaikka se tulee mittauksesta. Tämä saattaa viedä koko Six sigma-projektin vikoille. Siksi on tärkeää määrittää, onko mittausjärjestelmä luotettava vai ei, ennen kuin kyvykkyyden perustaso voidaan määrittää [Karjalainen et al. 2002].

Tilastollisesti ajatellen, on olemassa neljänlaista piirrettä, jotka kuvaavat jatkuvan datan tarkkuutta [George *et al.* 2005]:

- Systemaattinen ero, joka on jatkuvasti mitatun ja todellisen arvon välissä (systemaattinen virhe)
- Kyky saavuttaa sama mittaustulos, jos sama mittaus tehdään toistuvasti, tai jos mittauksen suorittaa toinen henkilö (toistuvuus)
- Järjestelmän kyky tuottaa samaa mittaustulosta tulevaisuudessa, joka on saavutettu menneisyydessä (toistettavuus)
- Järjestelmän kyky huomata merkitykselliset erot (herkkyys).

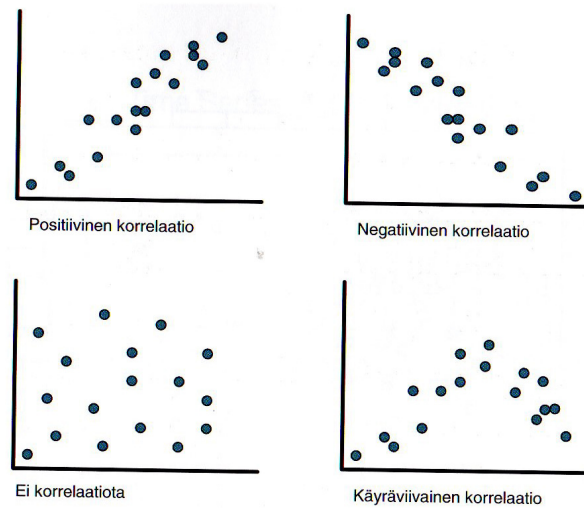
2.2.6 Graafiset analyysit

Graafiset analyysit ovat tehokas tapa esittää dataa. Graafisia analyyskejä voidaan käyttää kuvaamaan prosessin luonnetta ja etsimään juurisyitä ongelmiin. Graafit mahdollistavat keskeistendensisyyden, jakauman leveyden, datan vikamuodostumien ja prosessin vaihtelun lähteiden esittämisen ja arvioinnin. Kerätyn datan tyyppi määrittää käytetyn graafin tyypin [Karjalainen *et al.* 2002].



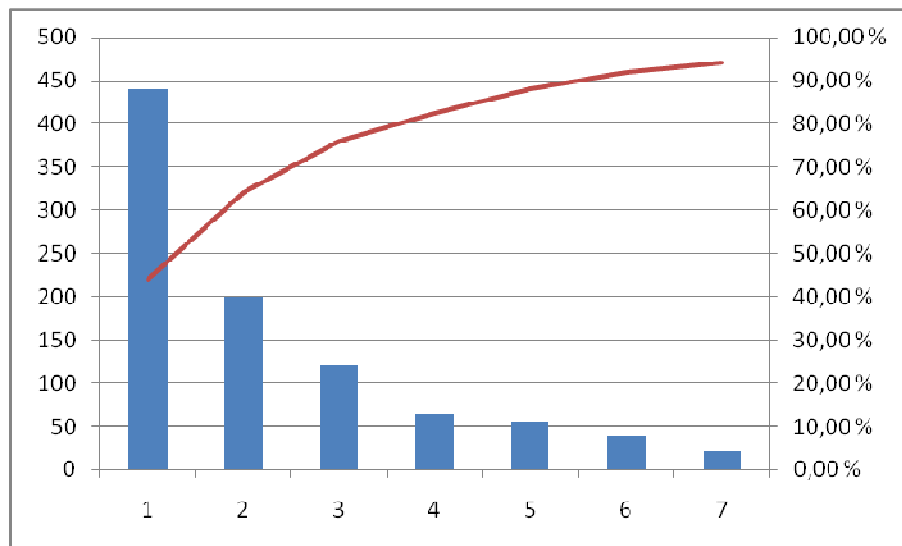
Kuva 11 Histogrammi

Histogrammit ovat tehokas menetelmä datan jakauman kuvaamiseen. Datapisteitä täytyy olla useita. Yleensä suositellaan vähintään 50 datapistettä. Data jaetaan ryhmiin, joita kutsutaan luokiksi. Datapisteiden määrä jokaisessa luokassa lasketaan ja niistä piirretään pylväät. Kuvassa 11 on esimerkki histogrammista [Karjalainen *et al.* 2002].



Kuva 12 Hajontadiagrammi [Karjalainen et al. 2002]

Hajontadiagrammia käytetään määrittämään onko olemassa kvalitatiivista suhdetta, lineaarista tai kaarevaa, kahden jatkuvan tai diskreetin muuttujan välillä. Kun Y on jatkuva ja demografitt (x) ovat myös jatkuvia, silloin hajontadiagrammi tai monihajontadiagrammit ovat hyödyllisiä työkaluja osoittamaan yhteyden X:n ja Y:n välillä. Yleisimmin yhteys voi olla positiivisesti tai negatiivisesti korreloiva, käyräviivaisesti korreloiva tai korrelaatiota ei ole lainkaan. Kuvassa 12 on esitetty mallit näistä yhteyksistä [Karjalainen et al. 2002].

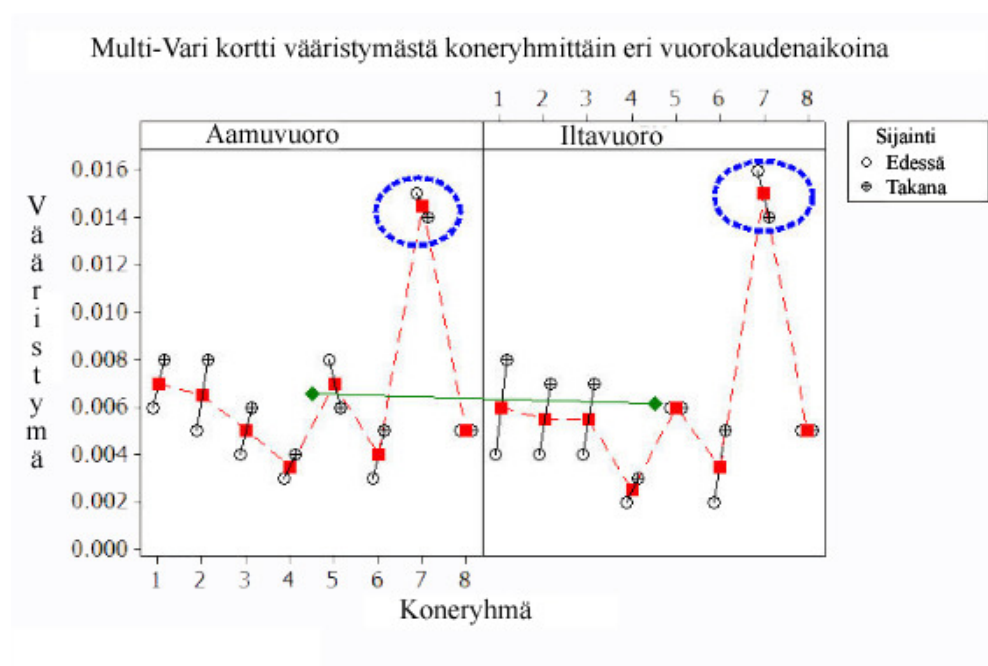


Kuva 13 Pareto-analyysi

Pareto-periaatteen mukaan pieni osa tekijöistä aiheuttaa suurimman osan ongelmista. Laadun parantamisessa on usein käytetty yleistystä, että suurin osa (80%) ongelmista aiheutuu pienestä määrästä syitä (20%). Kuvassa 13 on tyypillinen pareto analyysi. Siinä vaaka-akselille on eri syiden aiheuttamat ongelmat merkitty kuvaajaan siten, että lukumääräisesti suurin on ensimmäisenä ja loput laskevassa järjestyksessä. Nämä on esitetty kuvaajassa pylväinä. Viivalla on esitetty esiintymien prosentuaalinen kumulatiivinen summa. Kuvaajan vasemmalla näkyy esiintymistiheys ja oikealla määrä prosentuaalisesti. Näin saadaan nopeasti käsitys siitä mitkä muutamat syyt aiheuttavat tutkittavan ongelman. Kun asiaa lähdetään korjaamaan, tehdään se suuruusjärjestyksessä jolloin saatava hyöty on suurin [Breyfogle 2003].

2.2.7 Multi-Vari kortit

Multi-Vari kortit ovat käytännöllisiä graafisia työkaluja, jotka kuvaavat kuinka yhden muuttujan vaihtelu vaikuttaa toiseen muuttujaan. Nämä kortit auttavat seulomaan mahdollisia vaihtelun lähteitä historiallisesta datasta. Multi-Vari tutkimus tehdään, että voidaan määrittää prosessin ulostulomuuttujan suorituskyky suurella tilastollisella luottamuksella sekä nimetä ilmeiset vaihtelun syyt [Karjalainen et al.2002].

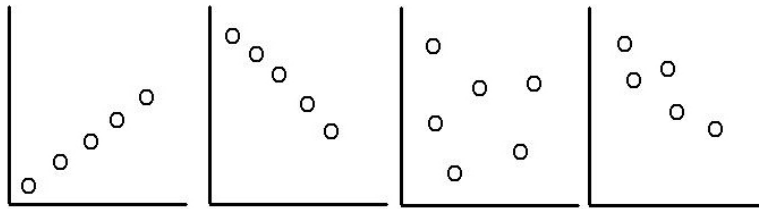


Kuva 14 Multi-Vari kortti [Breyfogle 2003]

Esimerkkikuvassa 14 on kahdeksan koneen ryhmän arvot kahdelta eri ajanjaksolta. Koneen 7 arvot poikkeavat selvästi muista. Näin yksinkertaisella kuvaajalla voidaan nähdä, että yhdessä koneessa on selvästi vikaa [Breyfogle 2003].

2.2.8 Korrelaatio ja regressio

Korrelaatio- ja regressioanalyysit sisältävät joukon työkaluja, joilla analysoidaan kahden tai useamman tekijän (muuttujan) riippuvuutta. Analyysit ovat hajontadiagrammista saatavia visuaalisia tuloksia. Kun kaksi tekijää korreloi keskenään, silloin toisen tekijän muuttuessa muuttuu toinenkin suhteessa ensimmäiseen [Pande et al. 2000]. Kuvassa 15 on esitetty erilaisia korrelaatioita. Ensimmäisenä on positiivinen korrelaatio. Tämä tarkoittaa, että yhden muuttujan kasvaessa toinen muuttuja muuttuu samassa suhteessa. Seuraava kaavio on vastaavasti negatiivinen korrelaatio. Korrelaatiota ei välttämättä ole lainkaan kuten kolmannessa kaaviossa on esitetty. Viimeinen kaavio esittää osittaista korrelaatiota. Tämä tarkoittaa, että muuttujat eivät muuta arvoa samassa suhteessa vaan toinen muuttuu enemmän kuin toinen.



Kuva 15 Erilaisia korrelaatiokäyriä

Regressioanalyysia käytetään sovittamaan suoraa tai käyrää dataan. Sovitetusta suorasta voidaan nähdä onko keskinäinen riippuvuus positiivista vai negatiivista. Tämä tarkoittaa, että positiivisessa riippuvuudessa toisen muuttujan arvon kasvaessa toinenkin muuttuja kasvaa. Suoran kulmakerroin kertoo miten voimakas tämä korrelaatio on. Seuraava askel kunnollisessa analysoinnissa on määrittää regressioyhtälö. Tämän yhtälön avulla voidaan laskea tarkempia analyyskejä datasta. Laskettu data mahdollistaa tarkemmat ennustukset [Karjalainen et al.2002].

2.2.9 Koesuunnittelu

Koesuunnittelu (Design of Experiments, DoE) on keskeinen osa Six Sigmaa. Koesuunnittelun ajatuksena on löytää tärkeimmät vaihtelun lähteet. Lisäksi pyritään selvittämään

tekijöiden välisiä keskinäisvaikutuksia. Kokeen huolellinen suunnittelu on yhtä tärkeä, kuin varsinainen koe. Ihmisillä on yleensä luontainen pyrkimys ratkaista ongelma nopeasti – ilman suunnitelmaa. Kuitenkin huolellinen koesuunnittelu johtaa nopeammin ja parempaan ratkaisuun. Kokeet ovat selkeästi tehokkaampi vaihtoehto perinteiselle yksimuuttujia kokeelle. Tehokkuus tarkoittaa sitä, että voit suorittaa suuren määrän kokeita pienellä määrällä testiajoja. Toisin sanoin opit tutkimastasi prosessista nopeasti paljon yhtäaikaaisesti. Kokeilla saadaan selville nopeasti, mitkä tekijät prosessissa vaikuttavat eniten tuotteen ulostuloon [Salomäki 1999].

Taguchin kehittämä menetelmä on eräs tehokkaimmista suunnittelumenetelmistä, joka yhdistää insinööritietämyksen ja tilastollisen analysoinnin. Menetelmä auttaa optimoimaan tuotteet ja prosessit. Taguchin menetelmä muodostuu kolmesta perusvaiheesta: systeemisuunnittelu, parametrisuunnittelu ja toleranssisuunnittelu. Taguchi-laatufilosofia sitoo nämä vaiheet yhteen [Karjalainen 1992].

DoE on menetelmä, jota käytetään testaamaan ja optimoimaan prosessin, tuotteen, palvelun tai sovelluksen suorituskykyä. DoE auttaa oppimaan tuotteen tai prosessin käyttäytymisestä erilaisissa olosuhteissa. Suunnitelmallinen koetoiminta on laaja käsite yksittäisistä nopeista testeistä prosessin ajon aikana matemaattisesti vaativiin koesuunnittelumenetelmiin. Koetoimintaa varten on olemassa valmiita tekniikoita, tunnetuimpana ehkä Taguchi. Kehittäjänsä Genichi Taguchin mukaan nimetyssä tekniikassa on ideana tutkia useiden prosessin muuttujien vaikutusta lopputulokseen testaamatta jokaista mahdollista vaihtoehtoa etukäteen [Salomäki 1999].

2.2.10 Vika- ja vaikutusanalyysi

FMEA –analyysi (Failure Mode and Effects Analysis) on luotettavuustekniikan menetelmä, joka syntyi 1960 -luvun puolessavälissä lentokoneteollisuudessa ja jota edelleen on kehitetty avaruus- ja ydintekniikan turvallisuus- ja käyttövarmuusanalyyseihin. Menetelmä itsessään on helposti omaksuttavissa ja käyttöönotto käy nopeasti.

FMEA ja SPC ovat yhdessä käytettyinä tehokkaita työkaluja toiminnan kehittämiseen. FMEA dokumentoi oikein tehtynä kattavasti eri toimintojen ja tuotteiden tai prosessien nykytilaa, jota SPC tukee faktatiedolla [Pande et al. 2000].

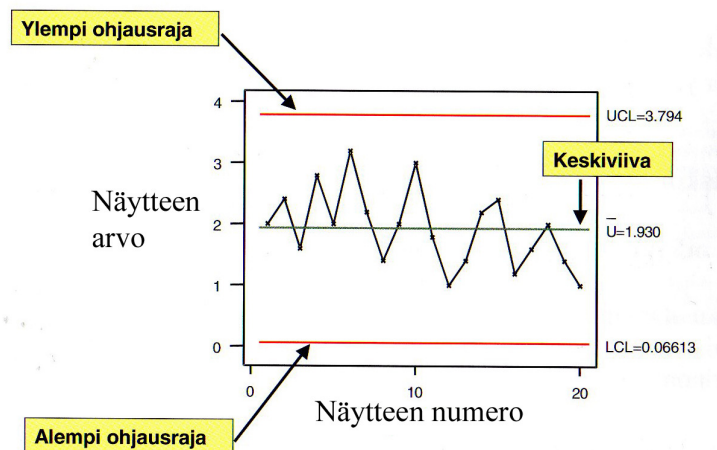
Failure Mode kuvaa virhetilanteita joissa tuote ei ole sellainen kuin asiakas vaatii. Virhetilanne on joko tapahtunut tai sellainen saattaa tapahtua. Asiakas tässä kohtaa on joko ulkoinen tai sisäinen. Effects Analysis tutkii sitä millainen vaikutus virheellä sattues-

saan on. Kolmas selvittävä asia on kuinka todennäköistä on virheen löytyminen. Kaikille kolmelle muuttujalle annetaan erikseen lukuarvo välillä 1...10 sen mukaan miten vakavasta ongelmasta on kyse. Näistä kolmesta luvusta kertomalla saadaan riskiprioriteetti-arvo, joka kertoo eri virhetilanteiden vakavuuden. Eriksien sovitun raja-arvon ylittävän virheen tulee saada poistettua, esiintymisen todennäköisyyttä pienennettävä tai pitää saada parannettua löytymisen todennäköisyyttä [Chrysler corp 1995].

2.2.11 Ohjauskortit (SPC)

SPC tarkoittaa laajasti tulkittuna kaikkia menetelmiä, joilla saadaan tilastollista pohjaa prosessin ohjaamiseen liittyvälle päätöksenteolle. Tärkein näistä välineistä on valvontakortti. [Pande et al. 2000].

Ohjauskorteilla avulla tutkitaan prosessin tilaa ja selvitetään, onko prosessin hajonta peräisin luonnollisesta syystä vai vaikuttaako prosessiin joku häiriö eli erityisyys. Luonnolliset syyt ja erityisyys pyritään erottamaan toisistaan ja poistamaan prosessista erityisyys. Näin prosessiin vaikuttaa ainoastaan luonnolliset syyt [Karjalainen et al. 2000].

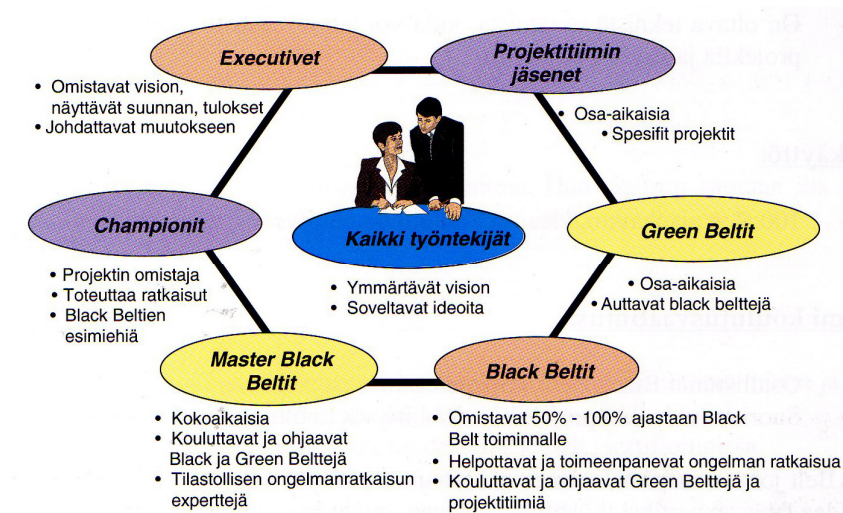


Kuva 16 Ohjauskortti [Karjalainen et al.2000]

Ohjauskortteja on olemassa lukuisia erilaisia. Erilaisia kortteja käytetään sen mukaan millaista käytettävissä oleva data on. Yhteistä niille on, että niissä on ylempi ja alempi ohjausraja kuten kuvassa 16 on esitetty. Saaduista arvoista voidaan erottaa erityisyyden aiheuttamat pistemäiset vaihtelut tai trendit [Karjalainen et al.2000].

2.3 SIX SIGMA ROOLIT

Six Sigma-organisaatioon kuuluu useita erilaisia osallistujia. Eri osallistujille on annettu erilaiset vastuut ja valtuudet toimia projektissa. Six Sigmasta annettavat koulutukset on jaettu sen mukaan millainen rooli henkilöllä on. Eri roolin omaaville annetaan heidän rooliin kuuluvista toimista koulutus. Ryhmään kuuluu johtajia ja projektin omistajia, jotka valvovat että työ tulee tehdyksi sovitun mukaan ja luovat edellytykset työn tekemiseksi. Vastaavasti ryhmään kuuluu työn toteuttava porras. Jokaisen panos työn onnistumiseksi on merkittävä. Kuvassa 17 on esitetty lyhyesti erilaiset ryhmän edustajat tehtävineen [Karjalainen et al. 2002].



Kuva 17 6 sigman roolit [Karjalainen et al. 2002].

Aloitettaessa Six Sigma-projektia tärkeimpiä tehtäviä on määrittää roolit tarkoituksenmukaisesti organisaatiossa ja miettiä vastualueet tarkasti [Pande et al. 2000].

2.3.1 Black Belt

Black Belt on Six sigma –menetelmäsiantuntija ja Six Sigma –projektitiimien vetäjä, joka on vastuussa niiden avainprosessien mittaamisesta, analysoinnista, kehittämisestä ja valvonnasta, jotka vaikuttavat asiakastytyytyväisyyteen ja/tai tuottavuuden nousuun [Ihalainen et al. 2001].

Black Belt toteuttaa ryhmän johtajana Six Sigma-metodia projektissa sekä esittelee menetelmät ja työkalut tiimin jäsenille ja muulle organisaatiolle. Black Belt johtaa, inspiroi, valmentaa, toteuttaa ja myös välillä vahtii kollegoitaan. Ajan myötä hänestä tulee

lähes ekspertti työkalujen suhteen, ongelmanratkaisussa sekä prosessien ja tuotteiden suunnittelussa ja korjaamisessa [Karjalainen et al. 2002].

2.3.2 Master Black Belt

Master Black Beltit (MBB) ovat enimmäkseen opettajia. He myös katselmoivat ja ohjaavat Black Beltejä. MBB:n valinnan kriteerejä ovat monitaitoisuus sekä kyky opettaa ja ohjata. MBB voi toimia yrityksen omia henkilöitä tai ulkopuolisia konsultteja [Ihalainen et al. 2001].

Master Black Beltit tarjoavat valmennusta ja mentorointia tai konsultointia Black Belteille sekä myös Green Belteille, jotka työskentelevät erilaisten projektien parissa. MBB:t ovat todellisia Six Sigma-analyttisten työkalujen ekspertejä, joilla on yleensä erityisen korkea osaamistaso sekä insinööritietotaito ja lisäksi liiketoiminnan ymmärrystä ja taitoa. Joissain organisaatioissa MBB:t esittävät lähinnä organisaation muutosagentin roolia, auttaen Six Sigma-menetelmän ja ratkaisujen promotoinnissa. MBB:t saattavat myös tulla osa-aikaisina kouluttajina muista yrityksistä. Suomessa yrityskohtaiset MBB:t ovat toistaiseksi vielä harvinaisia, koska Suomessa yritykset ovat kansainvälisesti pieniä eivätkä omaa itsenäisiä kehitys- ja koulutusorganisaatioita. Suomessa MBB:t muodostunevat yrityksen ulkopuolisista Six Sigma tutkivista, kehittäväistä ja opettavista henkilöistä ja organisaatioista [Karjalainen et al. 2002].

2.3.3 Green Belt

Green Beltit toteuttavat suhteellisen pieniä, hyvin fokusoituja osastokohtaisia projekteja käyttäen hyväksi onnistumisstrategiaa. Green Belt on henkilö, jolle on opetettu Six Sigma-taitoja, usein lähes samalla tasolla kuin Black Belteille. Suurin ero Black Beltiin on usein, että Green Beltillä on vielä linjaorganisaation tehtävät ja hän palvelee joko tiimin jäsenenä tai osa-aikaisena Six Sigma-tiimin johtajana [Karjalainen et al. 2002].

2.3.4 Six Sigma –johtoryhmä (Six sigma Steering Committee)

Six sigma –johtoryhmä on foorumi, jossa yrityksen johto voi keskustella, suunnitella, ohjata aloitteita ja oppia niistä. Useimmissa organisaatioissa Six sigma –johtoryhmä on sama kuin yrityksen (olemassa oleva) johtoryhmä, mikä on ideaalitalanne. Johtoryhmän tehtäviin kuuluu suunnittelun ja markkinoinnin lisäksi [Ihalainen et al. 2001]:

-
- Six sigma -projektin roolien ja infrastruktuurin määrittäminen
 - projektien valinta ja resurssien kohdentaminen
 - eri projektien kehittymisen säännöllinen seuranta ja ideoiden sekä avun tarjoaminen
 - toimia itsenäisesti sponsoreina Six sigma –projekteille
 - auttaa määrittämään Six sigma –kehityksen vaikutuksia
 - arvioida kehityksen taso ja tunnistaa projektin vahvuudet ja heikkoudet
 - hyvien toimintatapojen levittäminen organisaation sisällä sekä toimittajien ja asiakkaiden keskuudessa, milloin se on tarkoituksenmukaista
 - näennäisten esteiden poistaminen projektissa
 - opittujen johtamistapojen käyttöönottoaminen.

Johtoryhmän kokousten tiheydellä voi olla suurikin vaikutus Six Sigma –projektin etenemiseen. Kerran kuussa on yleinen tapa mutta, jos kehitystiimin on tarkoitus esittää raportteja etenemisestään koko johtoryhmälle, voi raporttien päivityksiin tulla useitakin kuukausia väliä, mikä voi hidastaa kehitysprojektia. Tällaisessa tapauksessa useammin pidettävät kokoukset auttavat ylläpitämään kehitysprojektin vauhtia.

2.3.5 Sponsori (Sponsor tai Champion)

Sponsori on ylemmän tason johtaja, joka valvoo kehitysprojektia. Tämä rooli vaatii hienovaraisuutta, koska kehitystiimi tarvitsee vapautta omien päätösten tekoon ja kuitenkin ohjausta yrityksen johdolta, siitä mihin suuntaan kehittämistä tulisi viedä. Sponsoriin tehtäviin kuuluu [Ihalainen et al. 2001]:

- yleisten tavoitteiden asettaminen (alustava projektisuunnitelma) ja vastuunkantaminen niistä, sekä varmistaa että tavoitteet eivät ole ristiriidassa liiketoiminnan prioriteettien kanssa
 - valmennus, parannusten hyväksyminen ja projektin laajuuden määrittäminen
 - projektin resurssien etsiminen
 - kehitystiimin esitleminen johtoryhmälle ja toimia kehitystiimin puolestapuhujana
 - toimia välittäjänä eri tiimien tai tiimin ulkopuolisten henkilöiden välillä
 - toimia yhteistyössä prosessinomistajien kanssa varmistamassa sujuva vastuun vaihto kehitysprojektin päättyessä
 - opittujen prosessinparannustoimintojen käyttöönottoaminen johtamisessa.
-

Edellä mainituista tehtävistä tärkein on auttaa kehitystiimejä määrittämään heidän projektinsa laajuus. Monet projektit saattavat hidastua tai pysähtyä, koska projektipäällikkö ja -ryhmä epäroivät rajata tai vaihtaa tavoitetta pelätessään johdon suhtautumista asiaan. Käytännössä projektit tarvitsevat uudelleen määrittämiä ja sponsorin apu suunnan määrittämisessä on tärkeä.

Sponsorin vastuuna on koordinoita liiketoiminnan koko Six Sigma-aktiviteetit. Hänelle kuuluu projektin valinta, suorituksen valvonta ja esteiden purkaminen Six Sigma-projektien tieltä. Yleensä sponsori on johtaja tai päällikkö, joka perustaa ja valitsee Black Beltit ja tiimin sekä tukee ja sponsoroi heitä [Karjalainen *et al.* 2002].

2.3.6 Käyttöönottojohtaja (Implementation Leader)

Projektin päivittäisen etenemisen ja logistiikan hallintaan tarvitaan resursseja. Riippuen parannusyritysten laajuudesta voidaan tarvita useampikin käyttöönottojohtaja hoitamaan seuraavia tehtäviä [Ihalainen *et al.* 2001]:

- johtoryhmän tukeminen esim. tiedonvälityksessä, projektien valinnassa ja projektikatselmuksissa
- henkilöiden tai ryhmien tunnistaminen tai suositteleminen avainrooleihin sekä ulkopuolinen konsultointi ja koulutuksen tukeminen
- koulutussuunnitelmien tekeminen ja opetussuunnitelmien valitseminen ja aikataulutus
- auttaa sponsoreita heidän rooleissaan tukijoina, puolestapuhujina ja tiimien kannustajina
- dokumentoida kokonaiskehitys ja päällimmäiset huomioitavat asiat
- luoda aloitteiden sisäinen markkinointisuunnitelma.

Usein käyttöönottojohtaja on enemmänkin ”yleismies” kuin Six sigma -asiantuntija, hänellä voi kuitenkin olla suurempi vaikutus projektissa kuin kenelläkään muulla yksilöllä.

2.3.7 Valmentaja (Coach)

Valmentaja tarjoaa prosessinomistajille ja kehitystiimeille laaja-alaista asiantuntija-apua tilastotieteestä prosessin kehittämisstrategioihin. Valmentaja on tekninen asiantuntija. Hänen asiantuntijatasonsa voi vaihdella eri liiketoiminta-aloilla esim. sen mukaan,

kuinka monimutkaisia ratkaistavat ongelmat ovat. Koska valmentaja on nimenomaan konsultti, hänellä täytyy olla selkeä kuva henkilöstön rooleista ja heidän työstään projektissa. Teknisen avun lisäksi valmentaja voi tarjota ohjausta myös seuraavissa asioissa [Ihalainen et al. 2001]:

- kommunikaatiossa sponsorin ja johtoryhmän kanssa
- projektiaikataulun tekemisessä ja sen noudattamisessa
- yhteistyössä organisaation henkilöstön välillä
- potentiaalisten tulosten arvioinnissa ja saatavien tulosten todentamisessa
- tiiminjäsenten välisten konfliktien selvittämisessä
- tiimin toiminnoista kerättävien tietojen keräämisessä ja analysoimisessa
- tiimin menestyksen markkinoinnissa

2.3.8 Ryhmänjohtaja (Team Leader)

Ryhmänjohtajalla on ensisijainen vastuu Six sigma –projektin etenemisestä ja tuloksista. Useimmat ryhmänjohtajat keskittyvät prosessin kehittämiseen tai suunnitteluun ja uudelleensuunnitteluun. Ryhmänjohtaja voi myös osallistua projektin hallintaan, mitaamiseen ja asiakaslähtöisyyteen liittyviin aloitteisiin. Ryhmänjohtajan täytyy ohjata projektia oikeaan suuntaan ja varmistaa jatkuva kehittäminen. Ryhmänjohtajan vastuulla ovat myös seuraavat asiat [Ihalainen et al. 2001]:

- projektisuunnitelman tarkastaminen sponsorin kanssa
 - käyttöönottosuunnitelman kehittäminen ja päivittäminen
 - projektin ryhmänjäsenten valitseminen tai valinnassa auttaminen
 - resurssien ja tarvittavien tietojen tunnistaminen ja etsiminen
 - auttaminen sopivien laatutyökalujen määrittämisessä ja niiden käyttämisessä
 - auttaminen sopivien ryhmänjohtamis- ja kokousmenetelmien käyttämisessä
 - projektiaikataulusta kiinnittäminen ja kehityksen ylläpitäminen lopullisten tulosten ja tavoitteiden saavuttamiseksi
 - uusien ratkaisujen tai toimintojen tukeminen käynnissä olevissa työvaiheissa ja toimiminen yhteistyössä johtajien ja prosessinomistajien tai molempien kanssa
 - lopullisten tulosten ja projektin kulun dokumentointi.
-

2.3.9 Ryhmänjäsen (Team Member)

Ryhmänjäsenet osallistuvat mittaamiseen, analysointiin ja projektin kehittämiseen. He auttavat myös levittämään tietoa Six sigma –työkaluista ja -projekteista sekä muodostavat vahvan perustan tuleville projekteille [Ihalainen et al. 2001].

Ryhmän jäsenet osallistuvat projekteihin. He tukevat projektien tavoitteita, tyypillisesti heidän olemassa olevan vastuunsa sisällöllä. Heidän odotetaan käyttävän opittua Six Sigma-metodia ja työkaluja osana heidän normaalia työtään [Karjalainen et al. 2002].

2.3.10 Prosessinomistaja (Process Owner)

Prosessinomistaja on vastuussa toiminnoista, jotka tuottavat arvoa sisäisille ja ulkoisille asiakkaille eli prosessista alusta loppuun. Sponsori ja prosessinomistaja voivat olla sama henkilö [Ihalainen et al. 2001].

2.4 KÄYTTÖÖNOTTO, ORGANISOINTI JA TOTEUTUS

Six sigman käyttöönotossa ei ole olemassa yhtä ainoaa oikeaa tapaa. jokainen yritys ja organisaatio ovat erilaisia ja kohdattavat ongelmat vaihtelevat. Six sigman käyttöönoton syyt voidaan jakaa kolmeen yleisimpään syyhyn. Ensimmäinen syy on, että yritys on jäämässä jälkeen markkinoilta tai yritys on menettämässä rahaa tai asiakkaita. Tällaisessa tilanteessa koko organisaation tulee muuttua. Pitää päästä eroon vanhoista tavoista ja toiminnoista. Organisaatiot tarvitsevat täysimittaisen muutoksen [Karjalainen et al. 2002].

Toinen syy on strateginen parannus. Strateginen parannus voidaan rajoittaa yhteen tai kahteen kriittiseen liiketoiminnan tarpeeseen. Siinä tiimien avulla tähdätään osoittamaan tärkeimpiä mahdollisuuksia tai heikkouksia. Monesti käy niin, että aluksi toimet kohdennetaan yhteen strategiseen kohteeseen ja myöhemmin toimet laajennetaan koko organisaatioon [Karjalainen et al. 2002].

Kolmas lähestymistapa on ongelmanratkaisu. Tämän kaltainen lähestymistapa tähtää olemassa olevan ongelman ratkaisuun ja siihen voidaan käyttää Six Sigma työkaluja. Ongelmanratkaisu tyyppinen lähestymistapa sopii hyvin yrityksille, jotka haluavat hyödyntää Six Sigma-menetelmää ilman suuria muutoksia organisaatiossa. Ongelmana on, että tämän tyyppisessä lähestymistavassa vain harva organisaatiossa sitoutuu siihen [Karjalainen et al. 2002].

Onnistuakseen Six Sigma projekti vaatii johdon vahvan tuen. Ilman sitä projektit eivät onnistu. Onnistunut Six Sigma on osa prosessiajattelua. Six Sigma on robusti laadunparannusmenetelmä, jolla voidaan saada hyppäyksellinen parannus laadussa ja kilpailukyvyssä. Six Sigma vaatii täyskoulutetun ja täysiaikaisen vetäjän. Koska Six Sigma on hyvin integroitu menetelmä, se vaatii myös vastaavan vetäjän [Karjalainen et al. 2002].

2.5 CASE

Wipro on kansainvälinen, yli 95000 henkilöä työllistävä intialainen yritys, joka toimii IT-alalla. Wipro tuottaa IT- ja ohjelmistoratkaisuja. Wipro on ensimmäinen Intialainen yritys, joka on ottanut käyttöön Six Sigman. Aikojen kuluessa on Wipro toteuttanut yli tuhat projektia. Wiprolla Six Sigma tarkoittaa yksinkertaisesti laadun mittaamista kohti täydellisyyttä.

Six Sigman käyttöönotossa oli tavoitteena, että toiminta tehostuu ja ohjelmistojen kehittämisenopeus kasvaa. Six Sigman metodien mukana tuli laadullista ymmärrystä, kustannussäästöjä ja toiminnan parannusta tuotteiden laadun paranemisena.

Wiprolla kohdattiin muutama ongelma, joka nousi muiden ylitse. Kulttuurin rakentaminen oli haastavaa. Ensimmäinen suuri haaste on saada ylimmät johtajat sitoutumaan. Vasta tämän jälkeen voi olettaa, että muita saa sitoutettua mukaan. Projektien valinta ensimmäisenä vuotena koettiin haastavaksi. Ensimmäiset projektit valittiin pilottiprojekteiksi. Projektien valinta tehtiin asiakkaan näkökulmasta. Kun toiminta saatiin alkuun, oli koulutettava oikeanlaiset ihmiset oikeanlaisiin toimiin, että toiminta saatiin toimimaan. Resurssien kohdentaminen nähtiin haastavana. Koska projektien pituudet vaihtelivat hyvin lyhyistä erittäin pitkiin, oli vaikeaa kohdentaa oikeita ihmisiä oikeisiin töihin.

Six Sigman käyttöönotossa otettiin erilaisiin tarkoituksiin eri työkalut. Uusien ohjelmistojen suunnittelu rakennettiin Design For Six Sigman periaatteiden mukaan. Tämä koski itse varsinaista ohjelmistoa kuin suunnitteluprosessia. Olemassa olevien tuotteiden parantamiseen käytettiin DMAIC-työkaluja. Wipro on kouluttanut kaikkia Six Sigman eri tasoja omaan organisaatioonsa. Tänä päivänä Wiprolla on yli 15000 henkilöä koulutettu Six Sigman metodeille. Heillä on myös yli 180 Black Belt tason projektin vetäjää.

Saavutettuja parannuskohteita on muun muassa:

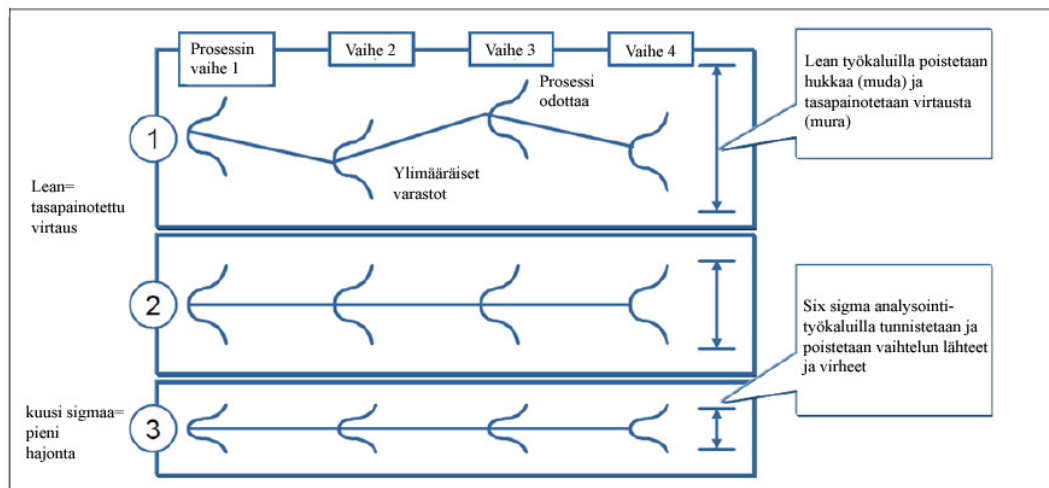
- tarkka laadullinen ymmärrys asiakkaan vaatimuksista

-
- ohjelmistojen kehittäminen on parantunut prosessina. Vikojen määrä on pudonnut puoleen. Jaksoaika on pienentynyt merkittävästi, uudelleentehtävä työ on vähentynyt 12%:sta 5 %:n.
 - jätteen määrä on vähentynyt ja tuottavuus on kohonnut 35%
 - virheellisten ohjelmistoasennusten määrä on pudonnut 4,5%:sta 1%:n
 - dokumentoitu kustannussäästö on ollut viimeisenä vuosikymmenenä yli 850 miljoonaa euroa.
-

3. LEAN SIX SIGMA

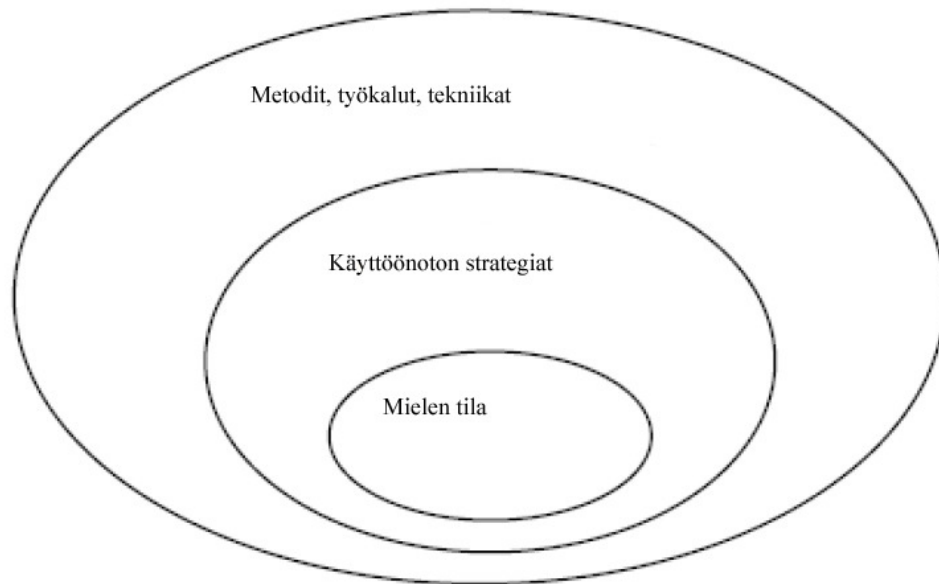
Lean Six Sigma konsepti on julkaistu ensimmäisen kerran Michael Georgen kirjassa Lean Six Sigma: Combining Six Sigma with Lean Speed vuonna 2002. Lean Six Sigma:ssa käytetään Six Sigmasta tuttua DMAIC-ajattelutapaa. Lean ja Six Sigma keskittyvät parantamaan eri asioita prosessissa. Lean Six Sigma-projekteissa vähennetään hukkaa Lean työkaluilla ja pienennetään vaihtelua Six Sigmasta tutuilla tavoilla. Yhdessä nämä kaksi eri ajatusmaailmaa täydentävät toisiaan vieden prosessia kohti yhteistä tavoitetta [Antony *et al.* 2011].

Kuvassa 18 nähdään miten Lean ja Six Sigma toimivat yhdessä. Ennen Lean Six Sigma:n soveltamista prosessin eri vaiheissa on hajontaa ja ylimääräistä toimintaa, hukkaa. Samoin prosessin osien välillä virtaus ei ole yhtenäistä. Leanin avulla prosessi saadaan hallintaan. Prosessin eri osien välinen virtaus saadaan tasattua ja prosessista saadaan poistettua hukka. Six Sigman avulla hallinnassa olevasta prosessin hajontaa saadaan pienennettyä.



Kuva 18 Lean ja Six Sigma toimivat yhdessä

Antony ja Kumar esittävät kirjassaan (2011), että Lean Six Sigman menestykseen vaikuttaa kolme elementtiä. Nämä on esitetty kuvassa 19.



Kuva 19 Lean Six Sigman kolme menestyksen elementtiä [Antony et al. 2011].

Mielentilaan kuuluu arvot, uskomukset ja asenteet. Lean Six Sigman vaatii onnistuakseen tietynlaisen ajattelutavan. Tällaiseen ajattelutapaan kuuluvia ajatuksia ovat [Antony 2011]:

- Jatkuvan parantamisen perusarvona tulee nähdä, että ei ole virheitä, on vain palautetta. Tämän ajatuksen takana on se, että kun virhe havaitaan, se on jo ehtinyt tapahtua ja sille ei enää voida mitään. Tulee keskittyä vain siihen, että millä saadaan sama virhe estettyä seuraavalla kerralla.
 - Energia virtaa sinne, mihin keskitytään. Haluttu tuotos on helpompi saavuttaa, kun tähän keskitytään jatkuvasti.
 - Suunnan muuttaminen, kun se on tarpeellista. Mikäli nykyisellä ajatusmallilla ei saavuteta haluttua tulosta, on tarpeen uskaltaa muuttaa suuntaa, että saavutetaan haluttu lopputulos. Muutosten tekeminen ei ole aina helppoa.
 - Ihmiset ovat virheellisen prosessin uhreja. Ei-haluttujen lopputuotteiden juurisyyt ovat prosessissa, ei ihmisissä prosessin sisällä. On parempi tähdätä täydelliseen prosessiin keskimääräisillä ihmisillä kuin toisinpäin.
-

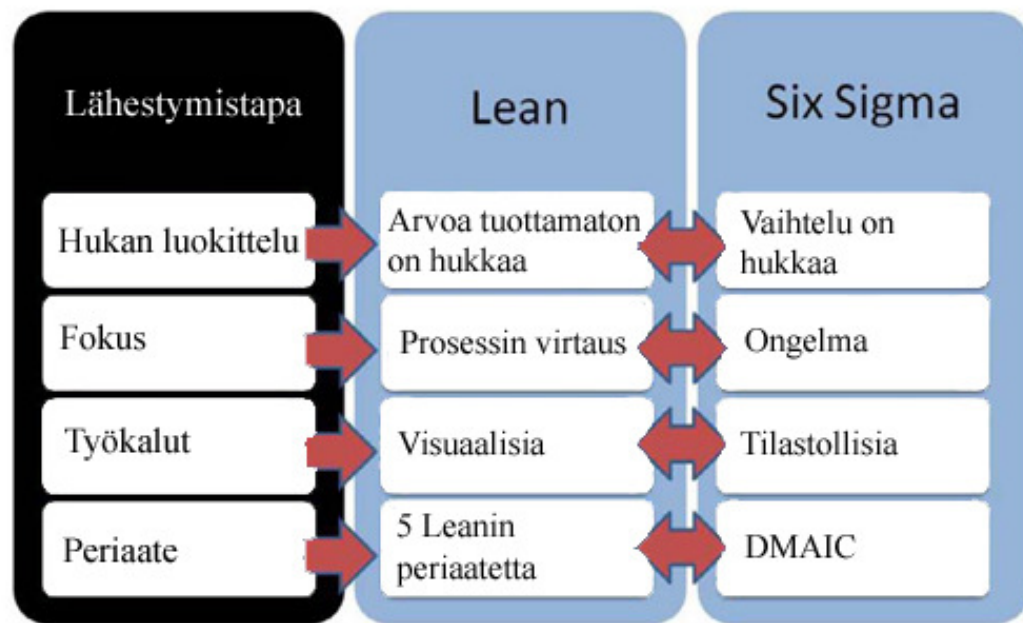
Seuraava elementti koostuu siitä, miten Lean Six Sigma otetaan käyttöön. On kuitenkin joitain elementtejä, jotka ovat tärkeitä Lean Six Sigman käyttöönoton onnistumiseksi. Tällaisia elementtejä ovat [Antony et al. 2011]:

- johdon sitoutuminen. Ylimmän johdon on osoitettava, että he ovat sitoutuneet projektiin täysillä
- jokaisen osallistujan sitoutuminen. Jokaisen projektiin osallistujan on ajateltava kuin olisi prosessin omistaja
- taloudellisten panosten oikea kohdistaminen

Ei ole olemassa yhtä ainoaa oikeaa tapaa käyttää Lean Six Sigmaa. Luultavasti yksittäinen organisaatiokin joutuu miettimään erilaisen lähestymistavan eri projekteille.

Työkaluina käytetään yleisesti tiedossa olevia Lean ja tai Six Sigman työkaluja tai käytetään organisaation sisäisesti kehittämiä työkaluja [Antony et al. 2011].

3.1.1 Leanin ja Six Sigman eroja



Kuva 20 [Antony et al. 2011]

Kuvassa 20 on esitetty Leanin ja Six Sigman eroja. Lean keskittyy poistamaan arvoa tuottamatonta työtä, kun taas Six Sigma pienentää vaihtelua. Käytetyt työkalut keskitty-

vät erilaisten asioiden parantamiseen. Leanin työkalut ovat pääosin visuaalisia, kun taas Six Sigmassa ne ovat tilastollisia.

Molemmat menetelmät keskittyvät prosessin parantamiseen pyrkimällä parempaan asiakastyytyväisyyteen parantamalla laatua ja pitäen toimitukset ajallaan. Lean ottaa asiaan enemmän holistisen näkökulman. Leanissa käytetään työkaluja kuten arvovirta-ajattelu, tuotannon virtauksen imuohjaus parantaakseen tuotannon tehokkuutta ja toimitusten toimitusnopeutta. Six Sigman tapa lähestyä ongelmaa on dataperusteinen ja analyttinen. Tavoite on tuottaa virheettömiä tuotteita. Työkalut ovat virheiden löytämiseen ja poistamiseen keskittyviä. Yhdessä Lean Six Sigma on täsmällinen, dataperusteinen, tulostavoitteinen tapa parantaa prosessia [Antony et al. 2011].

Pitäisikö ensin käyttää Six Sigmaa vai Leania? Six Sigman puolestapuhujat esittävät, että Leania ei voisi käyttää ennen kuin prosessi on hallinnassa ja optimoitu. Vastaavasti Leanin kannattajat esittävät, että ensin tulisi ottaa imuohjaus käyttöön ja poistaa arvoa tuottamatonta työtä. Todellisuudessa molempia tapoja voidaan käyttää yhtä aikaa yhteiseen tavoitteeseen. Lopputuloksen kannalta prosessin parantamiseksi on yhdentekevää, onko muutos tehty Leanin vai Six Sigman työkaluilla [George 2003].

3.1.2 Miksi Lean tarvitsee Six Sigmaa

Vaikka Lean on robusti käsittelemään läpäisyaikaa ja arvoa lisäämätöntä työtä, on siinä useita kriittisiä ongelmakohtia mihin Lean ei tarjoa ratkaisua. Näihin ongelmiin Six Sigma tarjoaa ratkaisuja [George 2003].

- Lean ei määritä tarkasti kulttuuria ja infrastruktuuria, jotka tarvitaan tulosten saavuttamiseen ja pitoon. Yrityksiltä, jotka ottavat käyttöön ainoastaan Leanin, puuttuu usein keinot ottaa konsepti käyttöön koko organisaatiossa. Tämä johtuu siitä, että heiltä puuttuu Six Sigman hyvin määritelty toimintatapa sitouttaa yrityksen ylin johto, muodollinen harjoittelu ja tapa varmistaa sidotut resurssit.

- Leanissa tehdään jako arvoa tuottavaan ja tuottamattomaan työhön. Tämän jaon tekemiseen ei ole mitään kunnollisia työkaluja, vaan jaon tekee yleensä arvovirtakartan tekijä. Six Sigmassa on tähän tarkoitukseen useita numeerisia työkaluja.

- Lean ei tunnista vaihtelun vaikutusta. Lean ei tarjoa työkaluja vaihtelun pienentämiseen ja prosessin tilastolliseen ohjaamiseen. Six Sigma esittää vaihtelun pienentämisen tärkeimpänä asiana ja tarjoaa useita työkaluja vaihtelun pienentämiseen [George 2003].

3.1.3 Miksi Six Sigma tarvitsee Leania

Samalla lailla kuin Lean voi hyötyä Six Sigman toimintatavoista, on Leanista hyötyä kohtiin joissa Six Sigma ei ole parhaimmillaan.

-Six Sigma ei tunnista hukkaa. Vaikka Six Sigmassa on työkalu prosessin kartoittamiseen, sen mukaan asetusaikaa, prosessin aikaa per yksikkö, kuljetuksia ja niin edelleen ei tarvitse määrittää lainkaan. Näistä kuitenkin kertyy paljon arvoa tuottamatonta työtä. Leanin arvoketjuajattelu tarjoaa työkalun hukan ja viivytysten tunnistamiseen. Koska Six Sigma ei käsittele asioita arvoa tuottamattomana ja tuottavana työnä, ei myöskään niiden poistaminen ole Six Sigmassa oleellista. Six Sigmassa vähennetään ensin vaihtelua, sen jälkeen, prosessi suunnitellaan uudelleen, jos se koetaan mahdolliseksi. Leanin mukaan prosessin uudelleensuunnittelu on aina välttämätöntä arvoa tuottamattoman työn poistamiseksi [George 2003].

-Prosessin nopeuden parantaminen tai jaksoaika. Jaksoajan parantaminen on usein nähty Six Sigman tuloksena. Kuitenkaan Six Sigman asiantuntijat eivät tarjoa yhteyttä nopeudelle ja laadulle.

-Nopeasti käyttöön otettavat työkalut. Six Sigmassa ei ole nopeasti käyttöönotettavia työkaluja kuten löytyy Leanista. Six Sigman työkaluista ei löydy Leanin työkaluja, kuten PDM, arvovirta-analyysi ja 5S vastaavia joilla saavutetaan tuloksia lyhyessä ajassa.

-Nopean parantamisen työkalut. Leanissa on nopean parantamisen työkaluja. Niitä kutsutaan Kaizeneiksi. Ne ovat lyhyitä, intensiivisiä projekteja, missä ryhmä ihmisiä miettii ratkaisun yksittäiseen, pieneen ongelmaan.

-Six Sigman laatu on saavutettavissa paljon nopeammin jos Leanilla eliminoidaan arvoa tuottamatonta työtä. Leanin avulla on suhteellisen nopeasti poistettavissa ylimääräiset työvaiheet, jolloin myös tehtävien virheiden määrä vähenee. Samalla prosessi nopeutuu. Kuvasta 21 nähdään selvästi, että kun Leanin avulla vähennetään työvaiheiden määrää, laatu paranee. Vastaavasti kun mukaan lisätään Six Sigman avulla saavutettava laadun parannus, on yhteisvaikutus merkittävä.

Kokonaissaanto				
Vaiheiden määrä	$\pm 3\sigma$	$\pm 4\sigma$	$\pm 5\sigma$	$\pm 6\sigma$
1	93.32%	99.379%	99.9767%	99.99966%
7	61.63%	95.733%	99.839%	99.9976%
10	50.08%	93.96%	99.768%	99.9966%
20	25.08%	88.29%	99.536%	99.9932%
40	6.29%	77.94%	99.074%	99.9864%

Lean Six Sigma parantaa laatua, nopeutta ja kustannuksia yhtäaikaaisesti

Kuva 21, kokonaissaanto [George 2003]

3.1.4 Lean Six Sigma roolit

Lean Six Sigma on käytössä vastaava roolitus kuin on Six Sigmaakin. Lean Six Sigmaan ei ole vakiintunut ainakaan vielä niin montaa eri roolia kuin Six Sigma on käytössä. Lean Six Sixmassa on yleisesti käytössä Green, Black, Champion ja White Beltit. Koulutustaso ja määrä sekä projekteissa annettava vastuu on vastaavat kuin Six Sigman vastaavissa rooleissa.

3.2 LEAN SIX SIGMA TYÖKALUT

Lean Six Sigma työkaluina käytetään samoja tuttuja työkaluja kuin käytetään Leanissa tai Six Sigmaassa. Perusajatus perustuu DMAIC-ajattelutapaan. Menetelmää käytetään kuten Six Sigmasta tuttua DMAIC-ajattelutapaa. Vastaavassa järjestyksessä asiaan puureudutaan ja joka kohdassa käytetään työkaluja jotka voivat olla lähtöisin joko Leanista tai Six Sigmasta.

Define Määrittely	Measurement Mittaus	Analyze Analysointi	Improve Parannus	Control Ohjaus
Arvovirtakuvaus (VSM)	VSM	Perusstatiikka	Koesuunnittelu (DoE)	Dokumentointi
SIPOC	SIPOC	Perusgraafit	Imu ja Kanban	SPC
Aivorihi	FMEA	SPC	SMED	Visuaaliset ohjaukset
Haastattelut	MSA	ANOVA	SPC	Poka-Yoke
Kyselyt	Prosessin suorituskky	Erilaiset analyysit	FMEA	Pareto-analyysit
		5S	Syy-seurauskaaviot	
			5S	

Taulukko 5 Lean Six Sigman työkaluja

Taulukossa 5 on esitetty työkaluja, joita käytetään Lean Six Sigmassa. Työkalut ovat lähtöisin joko Leanista tai Six Sigmasta. Työkaluja käytetään riippumatta siitä, kummasta ne ovat lähtöisin. Työkalu valitaan sen mukaan, mikä parhaiten sopii tarkoitukseen.

Määrittelyvaiheessa määritetään ratkaistava ongelma riittävän tarkasti. Tapaus voi olla joku yksittäinen hyvin pieni ongelma tai koko prosessin kokoinen. Mittausvaiheessa dokumentoidaan nykyinen prosessivirta ja siihen liittyvät muuttujat. Lisäksi määritetään nykyinen suorituskyyvyn perustaso. Analysointivaiheessa tutkitaan erilaisten syötteiden vaikutusta ulostuloon. Näistä valitaan merkittävimmät joihin keskitytään. Parannusvaiheessa luodaan ongelmaan potentiaalinen ratkaisu. Tätä valittua ratkaisua testataan ja muutetaan niin, että lopullinen ratkaisu on riittävän toimiva. Ohjausvaiheessa luodaan järjestelmä parannusten ylläpitämiseksi.

3.3 CASE

Lockheed Martin on muodostunut Lockheedin ja Martin-Marietan yhdistymisestä vuonna 1995, eli paperilla yritys on hyvin nuori. Historia juontaa todellisuudessa selvästi kauemmas. Vuonna 2001 yritys perusti ohjelman LM21 Operational Excellence, tarkoituksenaan rakentaa yritystä Lean Six Sigman ympärille.

Yritys käyttää erittäin paljon alihankintaa. Jopa 60% tuotteesta ostetaan alihankintana. Kuten varatoimitusjohtaja Joyce asian kertoo, ”meille ei tulisi mieleenkään käyttää tuotteissamme 1975 erilaista tutkaa. Sen sijaan meille on täysin hyväksyttävää käyttää 1975 eri tavarantoimittajaa ja alihankkijaa.” Kun yritys on historiansa aikana rakentunut 18 eri yrityksestä, siihen on rakentunut sisään 18 eri tapaa toimia joka asiassa, niin tuotannonohjauksessa, osanumeroinnissa, ostotavoissa, tuotteiden kehittämisessä ja niin edelleen.

Alun kokeilujen jälkeen LM21-projekti muutettiin yksittäisten asioiden Best Practise-ajattelusta koskemaan koko toimintaa. Asioita alettiin miettiä laajemmin. Uusi ajattelutapa rakennettiin täysin Lean Six Sigman ajattelutavan ympärille. Tämä muutti Lockheedin ajattelutavan. Kaikki tehtävä toiminta jaettiin arvoa tuottavaan toimintaan tai hukaksi. Hukka poistettiin ja jäljelle jäävää parannettiin.

Jotta projekti saatiin toimimaan, vaatii se useita asioita onnistuakseen. Lockheed Martin nimeää ainakin seuraavat asiat:

- Johdon näkyvä sitoutuminen projektiin. Johto tulee sitouttaa projektiin ja tämän sitoutumisen tulee näkyä koko organisaatiossa.

- Johtoryhmä on koulutettu Lean Six Sigma konseptiin ja sovelluksiin. Kouluttamalla johtajat heidät on helpompi saada tavoitteen taakse. Johtoryhmää ei koulutettu erikseen, vaan jokainen koulutettiin oman organisaationsa mukana. Peruste tälle oli, että näin organisaatio näkee paremmin että kaikki ovat sitoutuneita samaan tavoitteeseen.

- Ylimmän johdon jälkeen koulutetaan kaikki alemman tason johtajat. Kaikille alemman tason johtajille annettiin viiden päivän peruskoulutus aiheesta.

- Täytäntöönpano aloitetaan arvovirran kuvauksella. Arvovirtakuvaus on tarpeen, kun virtausta pyritään parantamaan. Samalla arvovirtakuvaus tarjoaa useita työkaluja prosessin parantamiseen.

- Työtä jatkettiin rakentamalla vahva perusta työlle. Yrityksen tavoite on, että 1% työntekijöistä koulutetaan Black Belteiksi. Lisäksi jokainen voi halutessaan suorittaa Green Beltin. Ainoa vaatimus on, että koulutuksen jälkeen työntekijän tulee vetää parannusprojekti josta saadaan dokumentoitua taloudellista hyötyä.

- Käytetyt työkalut tulevat sekä Leanista että Six Sigmasta. Parannustyössä käytetään työkaluja tarpeen mukaan sekä Leanista että Six Sigmasta.

- Heti kun mahdollista, parannustyötä jatkettiin alihankkijoiden ja tavarantoimittajien suuntaan. Aluksi mukaan otettiin muutama kriittinen tavarantoimittaja ja positiivisten

kokemusten jälkeen toimintaa laajennettiin koskemaan useampaa toimittajaa. Samalla tarkisteltiin tavarantoimittajat ja alihankkijat sen mukaan ovatko he tärkeitä vai ei. Tämän seurauksena käytettyjen alihankkijoiden määrä putosi rajusti.

LM21 projektissa toteutettiin yli 5000 yksittäistä projektia, näistä yli tuhat kaupallisilla osastoilla, kuten johto, talous ja hankinta. Yrityksen alkuperäinen tavoite oli saavuttaa 2,9 miljardin euron säästöt neljän vuoden aikana. Dokumentoituja säästöjä on saavutettu tähän mennessä yli 3,1 miljardin euron edestä. Tämän lisäksi on saavutettu merkittäviä parannuksia tuotantokapasiteetissa ja toimitusnopeudessa. Projektin jälkeen tuotanto pystyy tekemään vastaavan tuotteen puolella kustannuksista ja kolmanneksessa ajassa kuin ennen projektia [*George 2003*].

4. YHTEENVETO

Työn tavoitteen oli perehtyä Lean Six Sigmaan. Työssä perehdyttiin ensin Leaniin ja Six Sigmaan erikseen, jonka jälkeen Lean Six Sigmaan. Lean ja Six Sigma ovat molemmat käyttökelpoisia ja tehokkaita työkaluja jo erikseenkin. Kumpaaakin voidaan käyttää tehokkaasti ja menestyksekkäästi yksinään. Molemmat keskittyvät omaan vahvuuteensa. Molemmissa on kuitenkin selkeitä rajoituksia. Lean keskittyy poistamaan arvoa tuottamatonta, eli hukkaa. Vaihtelun pienentämiseen Lean ei tarjoa juuri mitään työkaluja. Vaihtelulla on merkittävä osuus viallisten tuotteiden määrässä. Viallisten tuotteiden mukana hukataan paljon kustannuksia ja tehtyä työtä ja joudutaan tekemään uudelleen jo kerran tehtyä. Six Sigma tarjoaa tehokkaita työkaluja vaihtelun pienentämiseen. Six Sigman etuja ovat sen järjestelmällinen lähestymistapa ongelmiin, toiminnan perustuminen kerättyyn dataan eikä olettamuksiin sekä kyky tuottaa selkeitä tuloksia. Six Sigmalla saadaan vaihtelua pienentämällä lyhennettyä jaksoaikaa. Koska Six Sigma ei erota arvoa tuottavaa työtä arvoa tuottamattomasta, sitä ei myöskään voida poistaa Six Sigman metodeilla. Näin vaihtelultaan pienessäkin toiminnassa saattaa olla mukana paljon toimintaa, joka ei lisää tuotteen arvoa. Lean Six Sigma tarjoaa näihin molempiin työkalut ja yhtäältä pienentää hajontaa samalla kun arvoa tuottamatonta työtä poistetaan.

Leanin perusajatus on yksinkertaisuus, keveys. Toiminnasta poistetaan arvoa tuottamaton työ. Ajatuksena se on helppo omaksua, mutta tämä voi olla haastava viedä tuotantoon asti. Jos halutaan käyttää Leania prosessin joka osassa ja mahdollisimman laajasti, on edessä valtavasti taustatyötä arvovirran määrittelyssä ennen kuin päästään kunnolla muuttamaan prosessia. Leanin käyttö on systemaattista, pitkäkestoista työtä. Työtä tehdään tavoitteena yksittäistuotanto nopeilla sarjanvaihdoin. Eräkokoa pienennetään, että päästään eroon välivarastoista ja isoista lopputuotteiden varastoista. Jotta sarjakoon pienentäminen onnistuu, pitää prosessissa onnistua nopeat sarjanvaihdot. Näin saadaan tehtyä sellaista tuotetta jota tarvitaan sillä hetkellä, eikä jouduta tekemään varastoja.

Parannuksia tapahtuu pienin askelin. Pikavoitot ovat harvinaisia. Asioita saadaan parannettua pieniä, yksittäisiä asioita kerrallaan. Jatkuvalla parantamisella prosessia saadaan parannettua pieni asia kerrallaan. Jatkuva parantaminen on prosessina sellainen jota jokaisen organisaation tulisi miettiä riippumatta onko käytössä muita Lean tai Lean Six Sigman työkaluja. Jatkuvassa parantamisessa prosessin jokainen työntekijä voi tehdä

parannusehdotuksia prosessin jostain osasta. Ehdotukset voivat olla hyvin yksinkertaisia ja koskea vain jotain yksittäistä asiaa. Valojen lisääminen oikeaan kohtaan on jo riittävän iso asia ehdotettavaksi. Kun jokainen työntekijä saa osallistua prosessin parantamiseen, koetaan parannustyö usein tärkeämmäksi ja hyväksyttävämmäksi. Usein prosessin työntekijöillä on hallussaan sellaista tietoa, jota ulkopuolisen on vaikea löytää. Mukana saattaa olla myös ideoita joista saadaan aikaiseksi merkittäviä parannuksia ja kustannussäästöjä.

Vastaavasti Six Sigman perusajatus lyhyesti on poistaa vaihtelua ja tuottaa lähes täydellistä. Sallittujen virheiden määrä on ainoastaan 3,4 virhettä miljoonaa virhemahdollisuutta kohti. Six Sigma on tilastollinen ja järjestelmällinen tapa parantaa prosessia. Käytettävät työkalut ovat pääosin tilastollisia. Mikäli ei ole tottunut käyttämään tilastollisia työkaluja, voi niiden käyttö olla aluksi hankalaa ja pikkutarkkaa. Six Sigman käyttö perustuu erilaisiin projekteihin. Projektiksi valitaan haluttu parannettava asia tai kohde. Projektille nimetään henkilökunta ja resurssit joiden avulla parannettava kohde pyritään saamaan kuntoon. Six Sigmassa on useita erilaisia rooleja ihmisille, jotka työskentelevät Six Sigma-projektien parissa. Erilaisille rooleille tarkoitetut ihmiset koulutetaan tehtävän vaatimalla tasolla. Mikäli prosessi on valmiiksi sellainen, että prosessista kertyy luotettavaa, käyttökelpoista dataa säännöllisesti, on Six Sigman työkaluilla helppo perehtyä prosessiin. Prosessista voidaan eritellä vaihtelun syitä jolloin niitä saadaan poistettua. Aina ei kuitenkaan ole näin. Mikäli prosessista ei kerry valmiiksi tietoa, voi Six Sigman käyttöönotto vaatia suuria alkupanostuksia. Tiedon kerääminen prosessista saattaa myös tuntua työntekijöiden mielestä heidän tarkkailultaan. Tällöin tiedon kerääminen on entistä haastavampaa. Prosessin ollessa jo hyvällä tasolla, löytyy Six Sigmasta vielä työkaluja, joilla prosessi saadaan nostettua lähemmäs kuutta sigmaa. Tämä yleensä vaatii, että tuotteita tarkastellaan suunnittelusta lähtien. Näin tuote saadaan suunniteltua niin, että itse suunnittelu mahdollistaa kuusi sigmaa ja tuotettavat tuotteet voidaan valmistaa samaan vaatimustasoon.

Sekä Lean että Six Sigma ovat molemmat jo yksinään isoja ja raskaitakin metodeita. Tämä saattaa pelottaa osaa käyttäjistä käyttämästä Lean Six Sigmaa. Se saattaa kuulostaa niin raskaalta ja kovatoiselta. Näin toki asia onkin, mikäli käytetään kaikkia mahdollisia työkaluja ja metodeja. Näitä kaikkia kolmea menetelmää voi kuitenkin käyttää myös hyvin kevyesti ja tehden vain jotain yksittäistä asiaa kerrallaan. Toki tämä näkyy myös tulosten määrässä, mutta saattaa olla monelle yritykselle hyvä tapa aloittaa toi-

minnan tehostaminen. Lean Six Sigma perustuu Six Sigmasta tutulle DMAIC-jaottelulle. Jaottelun mukaisesti eri vaiheissa keskitytään ongelman eri kohtaan. Lean Six Sigmassa käytetään sekä Leanin että Six Sigman työkaluja sekaisin sen mukaan kummanko työkalut toimivat paremmin ongelmaan.

Mukana on paljon työkaluja, joilla on helppo aloittaa, koska osa työkaluista on hyvin helppoja ja nopeita käyttää. Monet työkaluista ja tavoista on sellaisia, että niitä käytetään teollisuudessa jatkuvasti ilman että ajatellaan niiden olevan Leanin tai Six Sigman työkaluja. Tällaisista työkaluja Leanista on esimerkiksi ennakoiva huolto, poka-yoke ja 5S. Ennakoivaa huoltamista tapahtuu paljon teollisuudessa, eivätkä kaikki yritykset käytä laajemmin muita Leanin metodeja. Tavoitteena on pitää prosessi toiminnassa niin, että laitevaurioiden aiheuttamia katkoksia prosessiin ei tule lainkaan. Myös laitevaurioiden aiheuttamat virheelliset tuotteet jäävät pois. Virhemahdollisuuksien poistamisesta, poka-yokesta, esimerkki yksinkertaisimmillaan voisi tarkoittaa, että lisätään asennusjigiin lisää ohjureita niin, että kappaletta ei voi asentaa väärin. Kappale ei suostu menemään jigiin kuin vain oikealla lailla. Toinen esimerkki voisi olla, että rakennettavaan laitteeseen laitetaan eri letkuihin tai sähköjohtoihin erilaisia liittimiä. Näin estetään väärin asentaminen. Asennusvaiheessa kaikki letkut ja johdot on varmasti asennettu oikein. 5S:n mukaan hallin lattialta siivotaan kaikki ylimääräinen pois ja jäljelle jääville merkitään selkeästi paikat. Näin ne löytyvät aina tarvittaessa. Vastaavia prosessin parantamisia tehdään jatkuvasti teollisuudessa.

Kun prosessin parantamista aloitetaan, on menetelmänä mikä tahansa kolmesta edellä mainitusta, on ensimmäisenä mietittävä resurssit mitä tähän projektiin halutaan panostaa. Kaikkein tärkein yksittäinen resurssi on johdon sitoutuminen. Heidät tulee saada sitoutettua niin ajallisesti kuin rahallisesti niin, että he ovat täysin tehtävän parannustyön takana. Ainoastaan tällä tavalla saavutetaan pysyviä ratkaisuja. Projekti vaatii aikaa ja työntekijöitä, jotka ovat projektin ajan poissa muusta toiminnasta. Yleensä myös projekti vaatii jonkin verran kustannuksia, ennenkuin haluttu vaikutus saadaan aikaiseksi. Projektin läpiviemiseksi tulee laatia aikataulu miten se aiotaan viedä loppuun. Kun muutoksia on saatu aikaiseksi, alkaa usein se vaikein vaihe. Tehdyt muutokset tulee saada jäämään käyttöön, ettei hiljalleen palata aiempaan käytäntöön.

Mitä enemmän aiheeseen perehtyi, sitä enemmän tuli sellainen kuva, että mikäli prosessia haluaa parantaa, ei kannata jättäytyä pelkästään Leanin tai Six Sigman varaan. Sen sijaan kannattaa suoraan lähteä parantamaan prosessia Lean Six Sigmalla. Näin molem-

pien hyödyt saadaan heti käyttöön. Molemmissa on erikseen käytettynä selkeästi omat vahvuudet, mutta myös heikkoudet. Yhdessä Lean Six Sigma tarjoaa molempien hyvät puolet huonojen puolien ollessa selvästi vähemmistöllä. Lean Six Sigmalla saadaan nopeasti kattava kuva koko prosessista ja sen parannuskohteista. Parannuskohteiden parantamiseen on käytössä valtava määrä erilaisia työkaluja. Jos Lean Six Sigma on täysin vieras asia, voi siihen perehtymiseen mennä paljon aikaa. Prosessin parantamiseen löytyy varmasti helpompiakin tapoja joilla saa aikaiseksi jonkinlaisia tuloksia. Näin monipuolisen, ja monimutkaisen, prosessin käyttöönotto vaatii lähes poikkeuksetta ulkopuolisen konsultin opastusta, että parantamiseen osoitetuille resursseille saadaan katetta. Kun Lean Six Sigman ajatuksesta on saatu kiinni, käyttö sen jälkeen onnistuu varmasti yrityksen omallakin organisaatiolla.

LÄHDELUETTELO

- Antony, J. Kumar, M. 2011. Lean Six sigma: Research and practice.
- Breyfogle, F. 2003. Implementing Six Sigma. 2. p. Austin. John Wiley & Sons Inc.
- Burton, T. Boeder, S. 2003. Lean Extended Enterprise: Moving Beyond the Four Walls to Value Stream Excellence. Florida. J. Ross Publishing Inc.
- Carreira, B. 2004. Lean Manufacturing That Works: Powerful Tools for Dramatically Reducing Waste and Maximizing Profits. New York. AMACOM,
- Chrysler Corp. Ford Motor Co. General Motors Corp. 1995. Potential Failure Mode and Effects Analysis (FMEA), Reference Manual.
- George, M. 2003. Lean Six Sigma for Service. McGraw-Hill. New York.
- George, M. Maxey, J. Price, M. Rowlands, D. 2005. Lean Six Sigma pocket toolbook. McGraw-Hill. New York.
- Hannus, J. 1993. Prosessijohtaminen. 2. p. Jyväskylä. Gummerus Kirjapaino Oy.
- Hobbs, D. 2004. Lean Manufacturing Implementation: A Complete Execution Manual for Any Size Manufacturer.
- Husby, P. 2009. Fix your Supply Chain. 1. p. Boca Raton. Taylor & Francis Group.
- Ihalainen, P. Hölttä, T. 2001. Six Sigma päähkinäkuoressa. Helsinki. Metalliteollisuuden kustannus.
- Kajaste, V. Liukko, T. 1994. Lean-toiminta. Tekninen tiedotus. Tampere.
- Karjalainen, E. 1992. Teollinen koesuunnittelu. Metalliteollisuuden keskusliiton julkaisu 9/92
- Karjalainen, E. Karjalainen, T. 2000. Laatujohtamisoppien(TQM) soveltaminen PK-yritykseen. 2. p. Hollola. Quality Knowhow Karjalainen.
- Karjalainen, E. Karjalainen, T. 2002. Six Sigma- Uuden sukupolven johtamis- ja laatu-menetelmä. 1. p. Hollola. Quality Knowhow Karjalainen.
- Kouri, I. 2009. Lean taskukirja. Helsinki. Kopio-Niini.
- Knowles G. 2011. Six Sigma. Graeme Knowles & Ventus Publishing ApS.
- Liker, J. 2006. Toyotan tapaan. 1. p. Jyväskylä, Gummerus kirjapaino Oy.
- Monden, Y. 1983 Toyota Production System. Norcross, Industrial Engineering and Management Press.
- Monden, Y. 2012. Toyota Production System. 4. p. Boca Raton. Taylor & Francis Group.
-

-
- Pande, P, Neuman, R, Cavanaugh, R, The Six Sigma Way. 2000. New York. MET.
- Porter, M. 1985. Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance. New York. Free Press.
- Salomäki, R. 1999. Suorituskykyiset prosessit – Hyödynnä SPC. Metalliteollisuuden Kustannus Oy.
- Stevenson, W.J. 2009. Operations Management – Tenth Edition.
- Steward, J. 2012. The Toyota Kaizen Continuum. 1. p. Boca Raton. Taylor & Francis Group.
- Taminenz, G. 2005. Massachusetts General Looks to Lean. Lean Enterprise Institute.
- Tuominen, K. 2010. Lean – Tehoa ja laatua hukan vähentämiseen. Jyväskylä. WS Bookwell Oy.
- Womack, J. Jones, D. Roos, D. 1990. The Machine That Changed The World. New York.
- Womack, J.P. Jones, D.T. 2007. Lean solution- how companies and customers can create value and wealth together. Lontoo. Simon & Schuster UK Ltd.
- <http://www.coe.montana.edu/ie/faculty/sobek/a3/steps.htm>, viitattu 16.09.2012
- <http://www.kt-selin.fi/palvelut-prosessit>, viitattu 20.11.2012
-